I.S.A. Istrumentazioni Sistemi Automatici S.r.l.
Via Prati Bassi 22 - 21020 Taino (VA) - ITALIA
tel +39 0331 956081 - fax +39 0331 957091
e-mail: isa@isatest.com - www.isatest.com

DATE 31/08/2009 **DOC. MSF20029** **REV. 5.3.0**

DIFF-87

PROGRAMME DE TEST AUTOMATIQUE POUR LES RELAIS DIFFERENTIELS ANSI-IEC 87

MANUEL D'UTILISATION

Ver. 5.3.0

Révision			**Sommaire**	**VU**
N.	**pag.**	**DATA**		
4.0.0	Toutes	30/03/2006	Révision 4.0.0	Morandi
5.2.0	7, 37-38	17/11/2008	Mise à jour de la version 5.2.0: adjonction de la rubrique de menu “Sauve en TDMS” et Connexion aux modules d’imprimante de TDMS	Rossoni
5.3.0	Toutes	04/08/2009	Adjonction de la description des dernières corrections au module. Mise à jour des images	Morandi
5.3.0	Toutes	30/10/2009	Corrections diverses	Vivier

PREFACE **5**

1 DIFFÉRENTIEL – ANSI 87 ..... **6**

1.1 Description des menus **6**
1.1.1 Menu fichier 6
1.1.1.1 Ouvrir 6
1.1.1.2 Sauvegarde des résultats 7
1.1.1.3 Sauvegarde dans la base de données TDMS 7
1.1.1.4 Champ notes 7
1.1.1.5 Imprimer les résultats 8
1.1.1.6 Quitter 8
1.1.2 Menu des options 8
1.1.2.1 Appelation des tests 8
1.1.2.2 Préférences 9
1.1.3 Informations 10
1.1.4 Langues 11
1.1.5 Type de protection 12
1.1.6 Différentiel Library ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**

1.2 Description du programme **16**

1.3 Données de système **17**
1.3.1 Connexions du transformateur 17
1.3.2 Coefficient de Compensation 18
1.3.3 Valeurs nominales 19
1.3.4 Type du relais 19
1.3.5 Caractéristique Nominale: Point par point 21
1.3.6 Caractéristique nominale: Macro 22

1.4 Test **27**
1.4.1 Type de panne et bobinage 27
1.4.2 IR [pu] et Id [pu] 28
1.4.3 Contacts d'entrée et Timer 29

1.5 Sélection du type de test **30**
1.5.1 Click et test 30
1.5.2 Contrôle de la courbe 31
1.5.3 Restriction harmonique 33
1.5.4 Temps de retard IR=0 34
1.5.5 Test de stabilité 35

1.6 Page des résultats **36**

1.7 Actions **37**
1.7.1 Changer les couleurs 37
1.7.2 Exécuter les fonctions du tableau 37

2 IMPRESSION DES RESULTATS **40**

3 TRANSFERE DES RESULTATS A EXCEL **43**

4 NOTES SUR LES RELAIS DE TENSION MOYENNE **45**

4.1 Différentiel Ansi 87: Connexions du transformateur de puissance 45
4.1.1 Transformateur de puissance: connexion YY0 45
4.1.2 Transformateur de puissance: connexion *YY6* 45
4.1.3 Transformateur de puissance: connexion *YΔ 1* 46
4.1.4 Transformateur de puissance: connexion *YΔ 11* 46
4.1.5 Transformateur de puissance: connexion *YΔ 7* 47
4.1.6 Transformateur de puissance: connexion *YΔ 5* 47
4.1.7 Transformateur de puissance: connexion *ΔY 1* 48
4.1.8 Transformateur de puissance: connexion *ΔY 11* 48
4.1.9 Transformateur de puissance: connexion *ΔY 7* 49
4.1.10 Transformateur de puissance: connexion *ΔY 5* 49
4.1.11 Transformateur de puissance: connexion *$\Delta\Delta$ 0* 50
4.1.12 Transformateur de puissance: connexion *$\Delta\Delta$ 6* 50
4.1.13 Transformateur de puissance: connexion *$\Delta\Delta$ 2* 51
4.1.14 Transformateur de puissance: connexion *$\Delta\Delta$ 8* 51
4.1.15 Transformateur de puissance: connexion *$\Delta\Delta$ 10* 52
4.1.16 Transformateur de puissance: connexion *$\Delta\Delta$ 4* 52

Préface

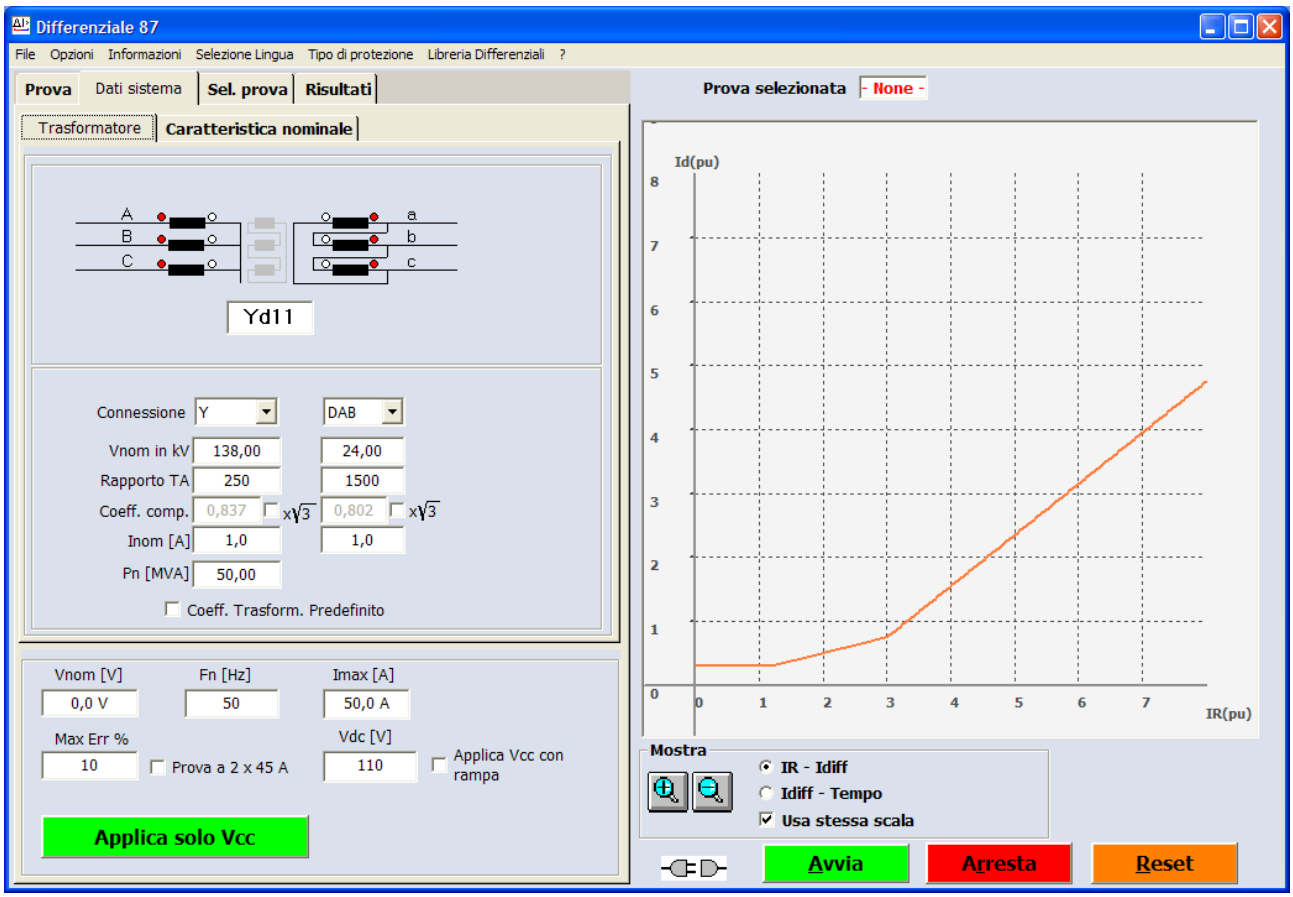
Le programme DIFF-87 est un logiciel puissant d'interaction, fonctionnant avec tous les instruments de test des relais automatiques réalisés par ISA **pour le test des relais différentiels ANSI-IEC 87**.

Idéalement l'opérateur est guidé facilement tout le long du processus de test du relais, de sorte à avoir sous contrôle l'état du test et du relais.

Les caractéristiques suivantes sont seulement quelques- unes des caractéristiques du programme:

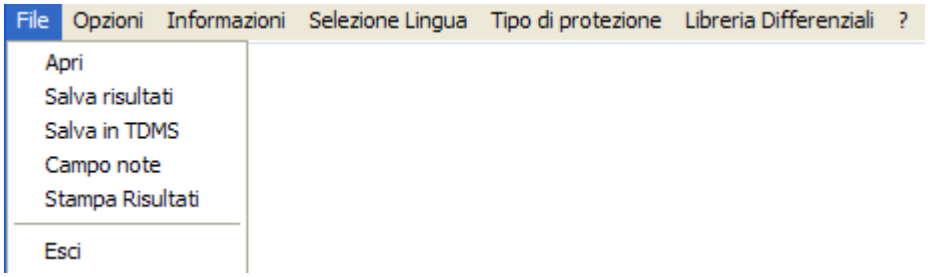
- Capacité de charger et sauver les résultats des tests effectués, sur le fichier de la base de données en format Microsoft Access™ (*.MDB, *.87)
- Test manuel et automatique de relais différentiels utilisant 3 ou 6 générateurs de courant
- **Capacité de charger les résultats et répéter tous les tests effectués dans les mêmes conditions de test**

1 Différentiel – Ansi 87



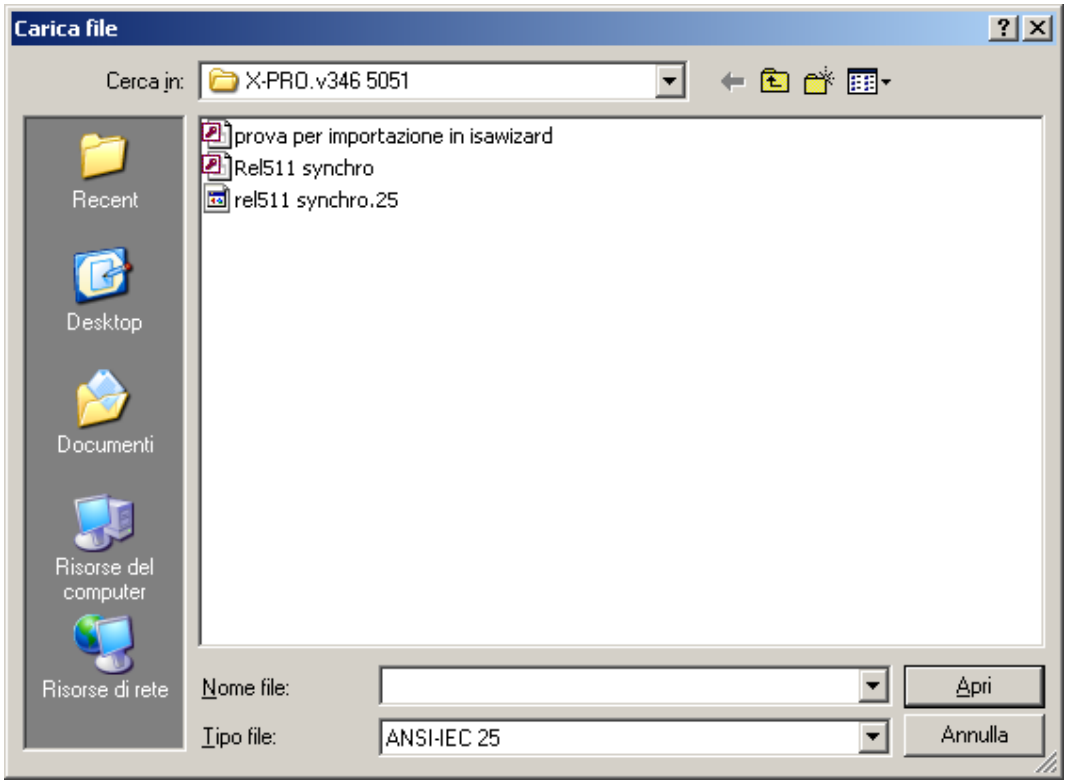
1.1 Description des menus

1.1.1 Menu fichier



1.1.1.1 Ouvrir

Cette rubrique de menu sert à charger un fichier de résultats qui contient tous les tests exécutés sur un relais et les relatives manières d'organisation (y compris les graphiques). Les résultats sont sauvegardés dans une base de données de format Microsoft Access™.



1.1.1.2 Sauvegarde des résultats

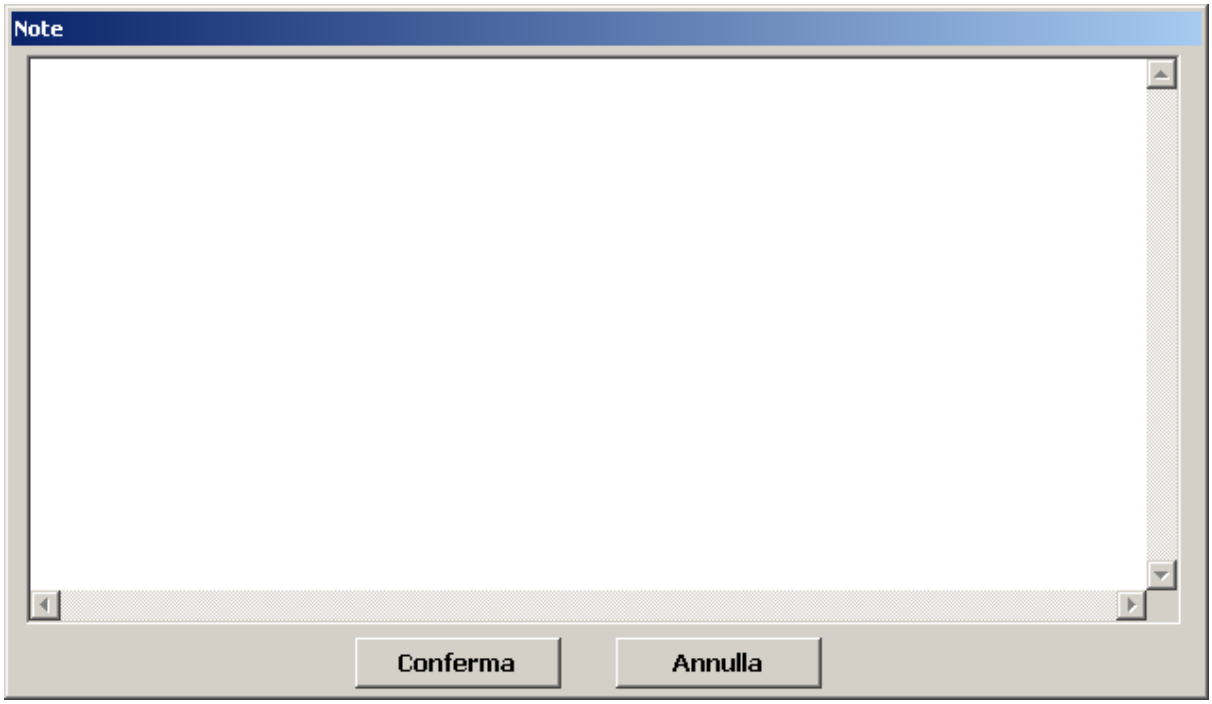
Cette rubrique permet de sauver un fichier contenant tous les tests exécutés sur un relais et les relatives manières d'organisation. Une fenêtre de dialogue standard de Windows est visualisée pour permettre à l'opérateur d'indiquer le nom du fichier à sauvegarder.

1.1.1.3 Sauvegarde dans la base de données TDMS

Cette rubrique permet d'envoyer tous les tests exécutés dans la base de données du programme TDMS. Sélectionnant cette rubrique de menu, il s'ouvrira une fenêtre qui montre la topologie de réseau créée en TDMS. Pour envoyer les résultats ouverts, sélectionnez à l'intérieur de la structure de réseau ouverte le dispositif auquel on veut associer le fichier, indiquez un nom mnémonique qui sera visualisé en TDMS dans la grille des résultats et appuyez le bouton "Sauvegarde". En appuyant le bouton "Effacer" on annulera l'opération sans sauvegarder les résultats acquis en TDMS.

1.1.1.4 Champ notes

En sélectionnant cette rubrique, l'utilisateur peut insérer des commentaires relatifs aux tests effectués. Les notes sont incluses dans le fichier des résultats et peuvent être imprimés avec les résultats.



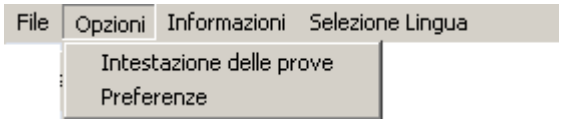
1.1.1.5 Imprimer les résultats

Cette rubrique est décrite dans le chapitre relatif aux imprimantes

1.1.1.6 Quitter

Ferme le programme.

1.1.2 Menu des options



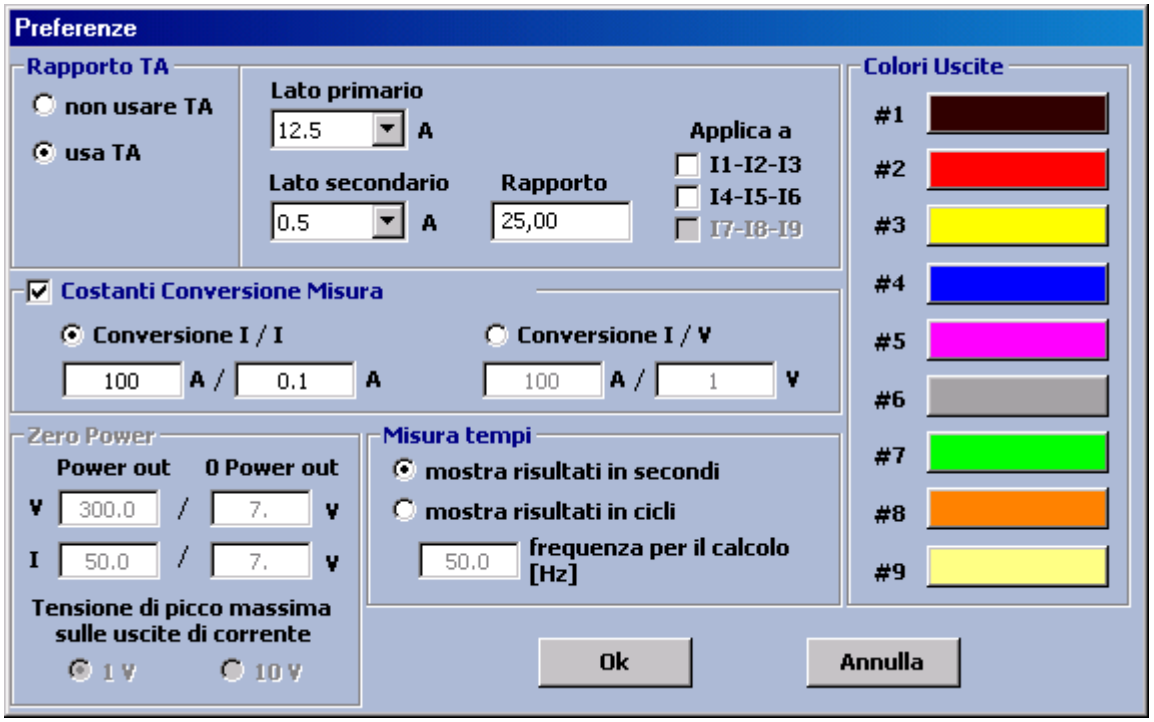
1.1.2.1 Appelation des tests

En choisissant cette rubrique de menu, l'opérateur peut insérer quelques données qui identifient les tests exécutés. Ce sont des informations qui sont imprimées avec les résultats, permettant de tracer les tests exécutés. En détail, il faut insérer le nom de la Sous station (**Installation**), le nom de la Ligne (**Montante**), des informations qui identifient le relais, comme **Marque du relais**, **Modèle du relais** et le **Numéro de série**. En outre; doivent être insérés les champs **Opérateur** et **Numéro de série de l'instrument**. Les autres champs sont optionnels.

Cliquant sur **Charger logo** il est possible de changer le logo qui sera imprimé sur le rapport, ou le sélectionner au cas où le programme n'est pas en mesure de trouver le logo prédéfini. Quelques raisons pourraient signifier que le fichier du logo a été effacé par le PC ou que le fichier .INI est altéré

1.1.2.2 Préférences

Cette rubrique de menu ouvre une fenêtre de dialogue où on peut indiquer quelques paramètres de fonctionnement qui influenceront sur la manière de laquelle sont exécutés les tests



Le compartiment **Rapport TA** permet de définir la présence de TA sur les sorties. On l'applique principalement à l'utilisation de l'option IN1-CDG. Il permet donc de définir le rapport TA directement sélectionnant les paramètres de courant côté primaire et côté secondaire, et sur quelles couleurs de courant les appliquer. Il est possible de définir le rapport directement insérant les valeurs relatives dans les relatives cases de test.

Le compartiment **Mesure des temps** permet d'indiquer la modalité de visualisation des temps de déclenchement et des retards: en secondes ou en cycles. Dans le second cas il faut définir la fréquence de référence pour le calcul du nombre de cycles.

Le compartiment **Zéro Power** permet de définir la modalité de fonctionnement de cet instrument et il est habilité seulement si l'instrument est effectivement connecté.

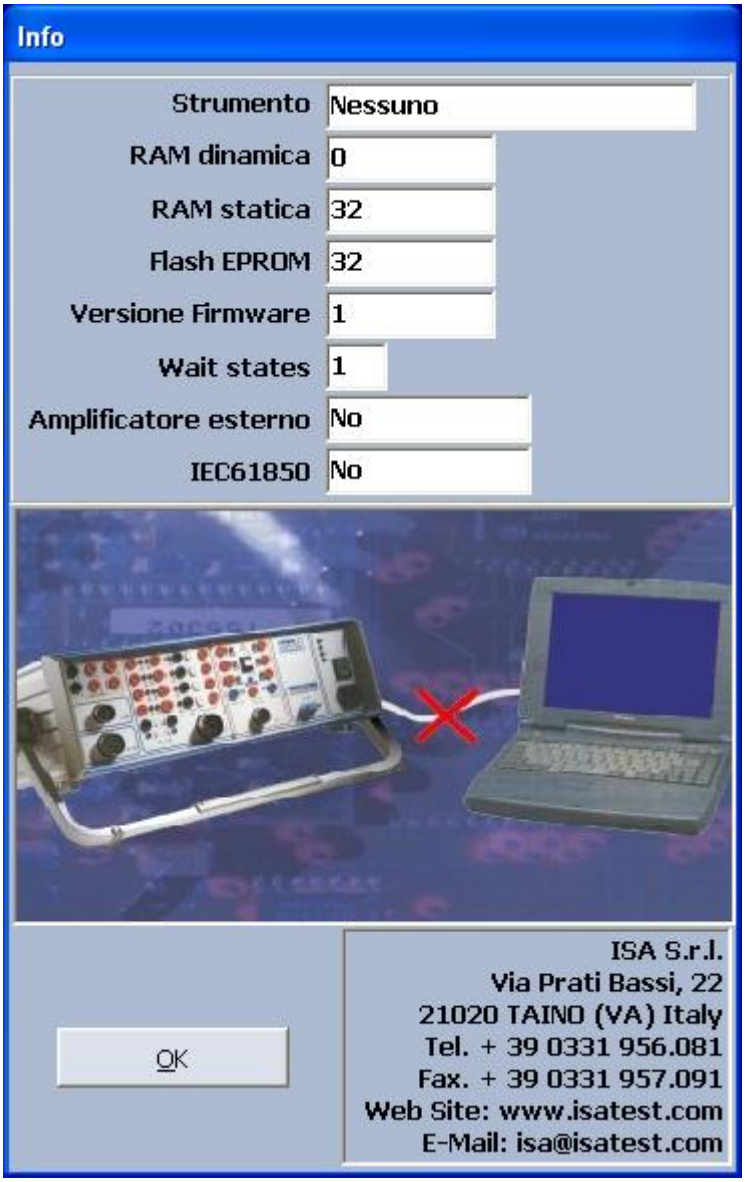
Le compartiment **Couleurs Sorties** permet de choisir la couleur avec laquelle mettre en évidence les sorties de tension et courant dans les fenêtres du module Manuel, soit de pré défaut soit de défaut.

Le compartiment **Constantes de Conversion de Mesure** permet de définir la valeur et le type de constantes de conversion des transducteurs. Cela se reflète dans la visualisation des valeurs de la Fiche de Mesure du module manuel et cela est particulièrement utile quand on mesure un signal au moyen des transducteurs. Dans ce cas la lecture peut être de type Courant/Courant (et ensuite on considère le rapport I/I) ou de type Tension/Courant (et ensuite on considère le rapport I/V).

Appuyant **OK** on mémorise les sélections opérées, tandis qu'avec **Annuler** on sort de la masque sans sauver les modifications aux paramètres.

1.1.3 Informations

C'est' une fenêtre qui montre des informations relatives à l'instrument connecté au PC: type, version du firmware, RAM, Flash EPROM etc...



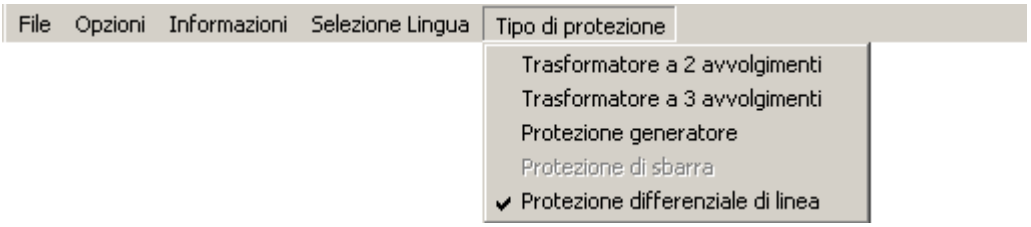
L'image de l'instrument connecté est montrée au centre de la fenêtre (dans ce cas, bien que l'opérateur ait sélectionné un DRTS, l'image montre que l'instrument n'est pas actuellement connecté).

Cette fenêtre montre en outre les informations qui vous serviront pour nous contacter.

1.1.4 Langues

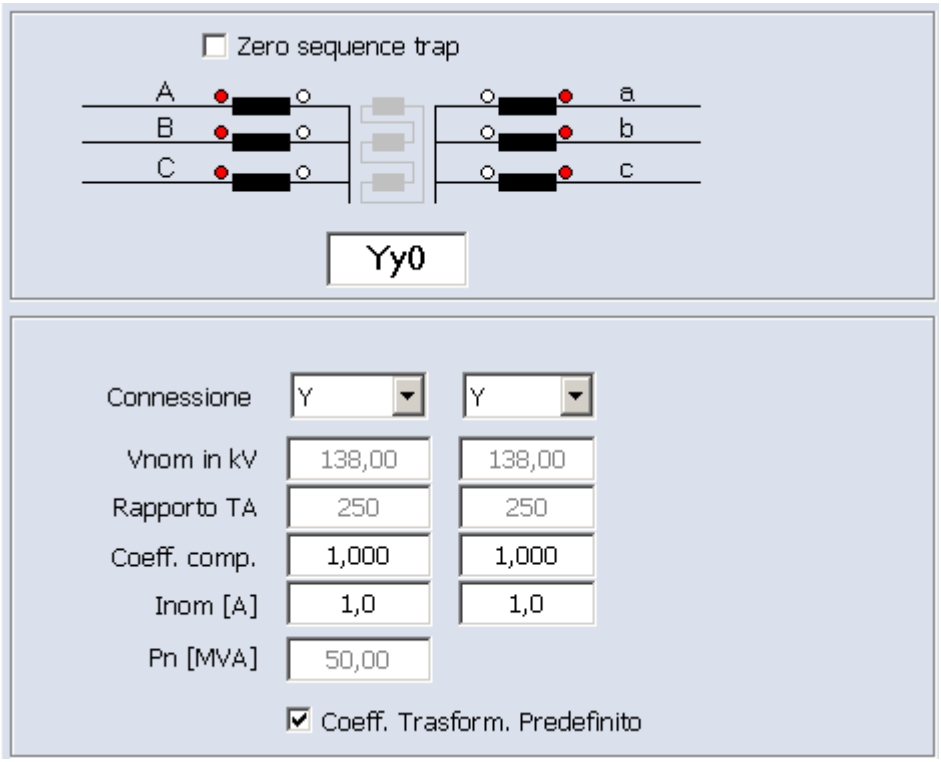
Elle fournit la capacité de changer la langue du programme sans fermer l'application. A la fermeture du programme, la dernière langue choisie est mémorisée, de sorte qu'à l'ouverture le programme active le message dans la langue déjà choisie par l'utilisateur.

1.1.5 Type de protection



En fonction du type de protection sélectionnée au moyen de ce menu, il y a quelques différences de comportement et manières d'organisation mis en évidence par le programme. Les différences sont notées à la page Système -Transformateur comme il s'ensuit:

- **Transformateur à deux bobinages**

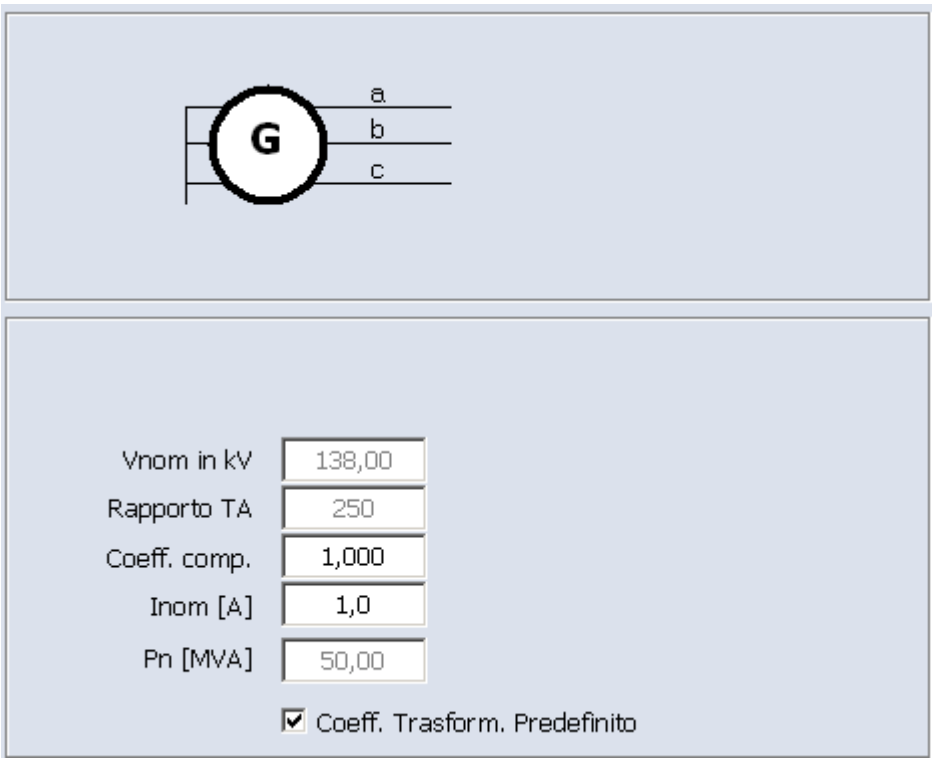


Le manuel se réfère en général à ce type de protection

- **Transformateur à 3 bobinages**

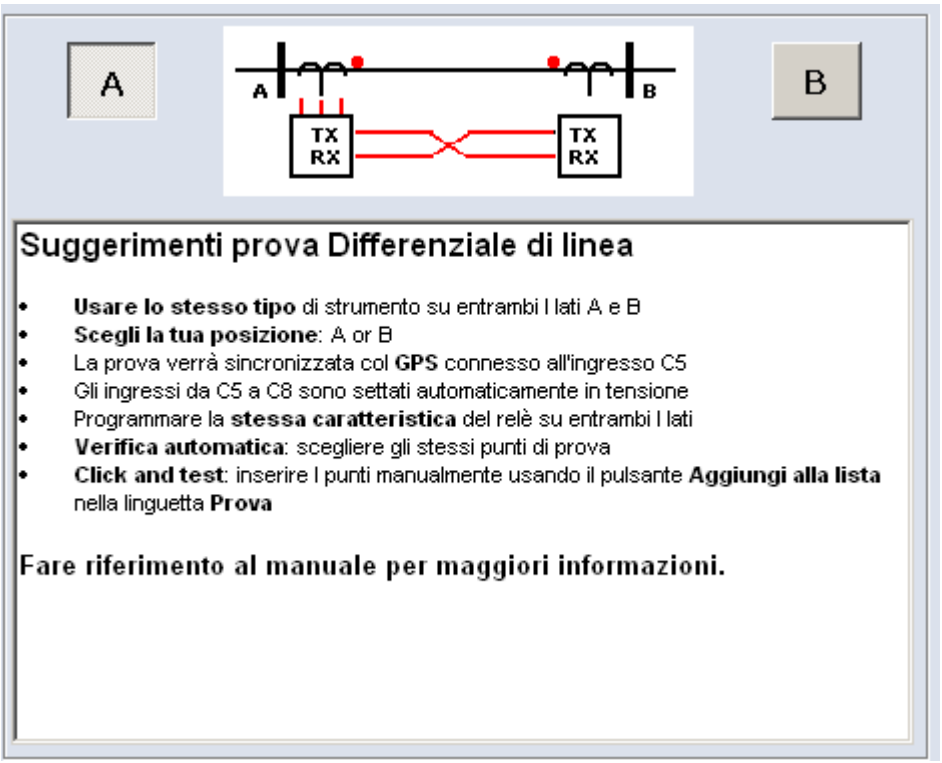
Il apparaît un menu de côté aux menus connexions choisies des deux premiers bobinages pour permettre la sélection du type du 3° bobinage, Y ou D.

- **Protection du générateur**



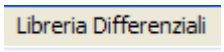
Il apparaît seulement une sous- sélection des paramètres qui s'appliquent à cette protection

- **Protection du différentiel de ligne**

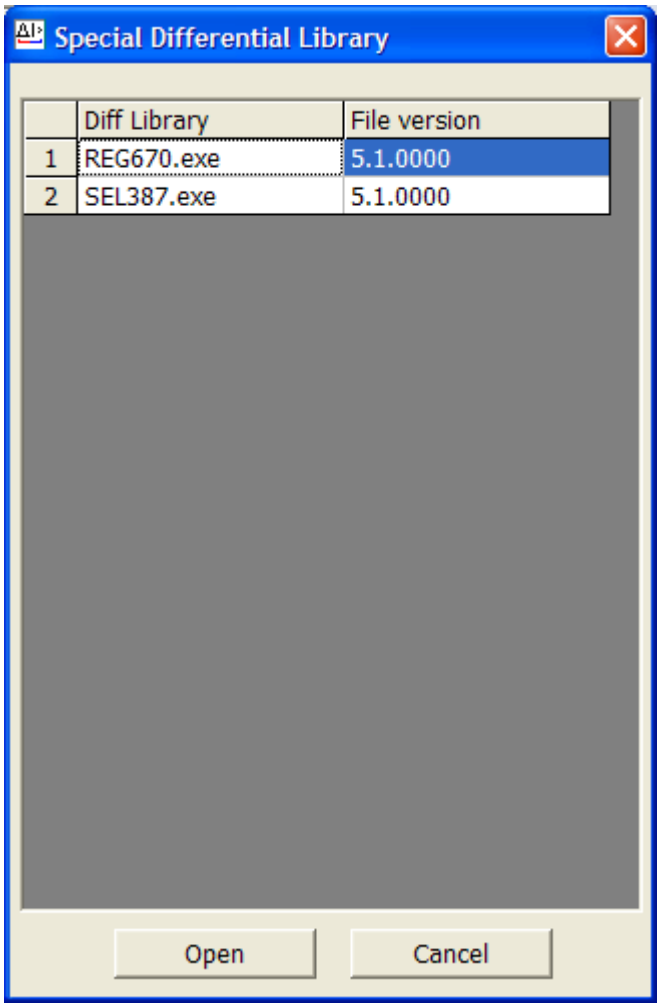

A
A
B
TX
RX
TX
RX
B
Suggerimenti prova Differenziale di linea
Usare lo stesso tipo di strumento su entrambi I lati A e B
Scegli la tua posizione: A or B
La prova verrà sincronizzata col GPS connesso all'ingresso C5
Gli ingressi da C5 a C8 sono settati automaticamente in tensione
Programmare la stessa caratteristica del relè su entrambi I lati
Verifica automatica: scegliere gli stessi punti di prova
Click and test: inserire I punti manualmente usando il pulsante Aggiungi alla lista nella linguetta Prova
Fare riferimento al manuale per maggiori informazioni.

Il apparaît une image et une description des conseils à exécuter dans le test de ces protections.

1.1.6 Bibliothèque de relais différentiels



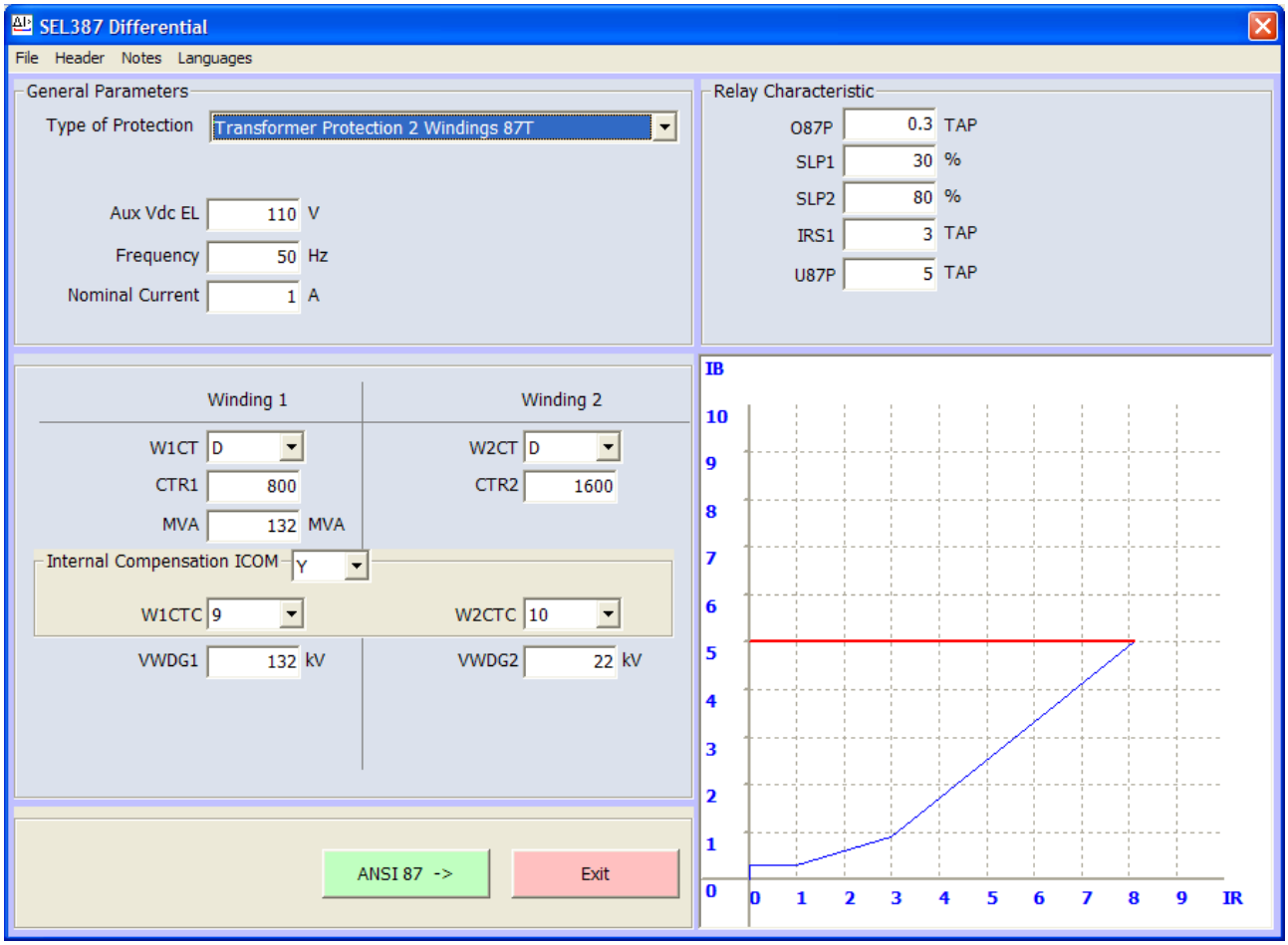
Cette rubrique de menu ouvre la Bibliothèque des Différentiels. La Bibliothèque est une série de programmes spéciaux qui facilitent la configuration des relais convertissant les paramètres de manière à correspondre aux paramètres du programme Automatique Diff-87.
Choisissant cette rubrique de menu il s'ouvre la fenêtre suivante:



Cette fenêtre montre une liste des programmes Différentiels Spéciaux qui ont été installés sur le PC. Pour lancer un programme spécial, sélectionnez-le de la liste et appuyez le bouton **Ouvre**. Le programme relatif est lancé et il permet à l'opérateur d'insérer les paramètres du relais testé.

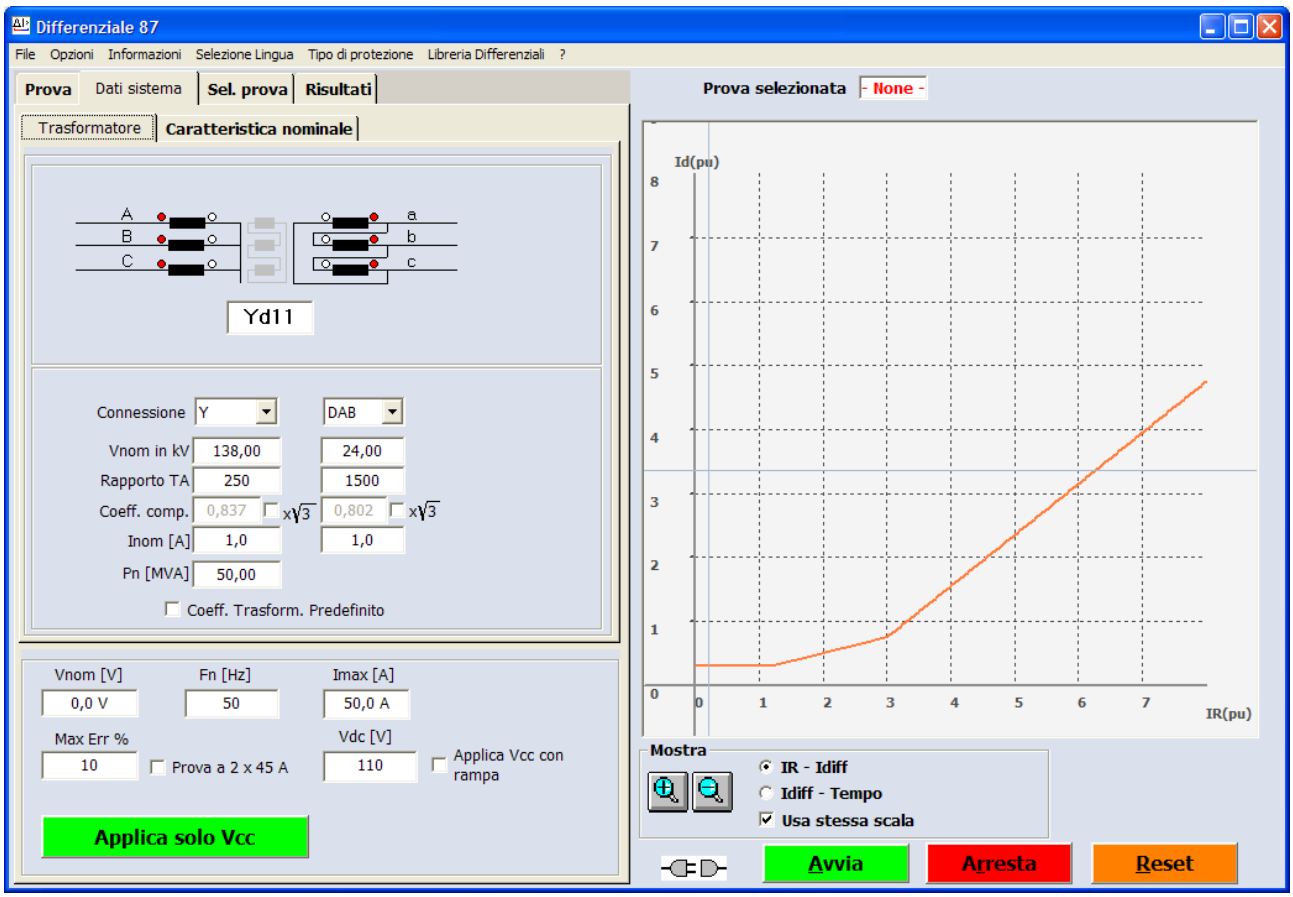
Tandis que le programme spécial est en exécution, Diff-87 est caché et devient non opérationnel. A la sortie du programme spécial, Diff-87 est montré et chargé avec les sélections opérées à l'aide du programme.

Par exemple, sélectionnant le programme Sel387.exe, il s'ouvre la fenêtre suivante:



Le programme montre les paramètres tels qu'ils sont indiqués sur le manuel d'utilisation du relais Sel387, par conséquent l'opérateur peut les lire directement par le relais, les insérer dans cette fenêtre et appuyer le bouton Ansi-87. Le programme Diff-87 est ensuite visualisé avec les modalités d'organisation indiquées dans ce programme.

1.2 Description du programme



Comme d'habitude il y a deux sections, à gauche et à droite, pour contrôler l'organisation du test et pour montrer les résultats dans un graphique. A gauche il y a 4 pages de sélection:

1. Test:
2. Données du système: avec toute l'organisation du relais et des transformateurs
3. Sélection. test: pour décider le test à exécuter sur le relais
4. Résultats: où il est possible de sauvegarder tous les résultats

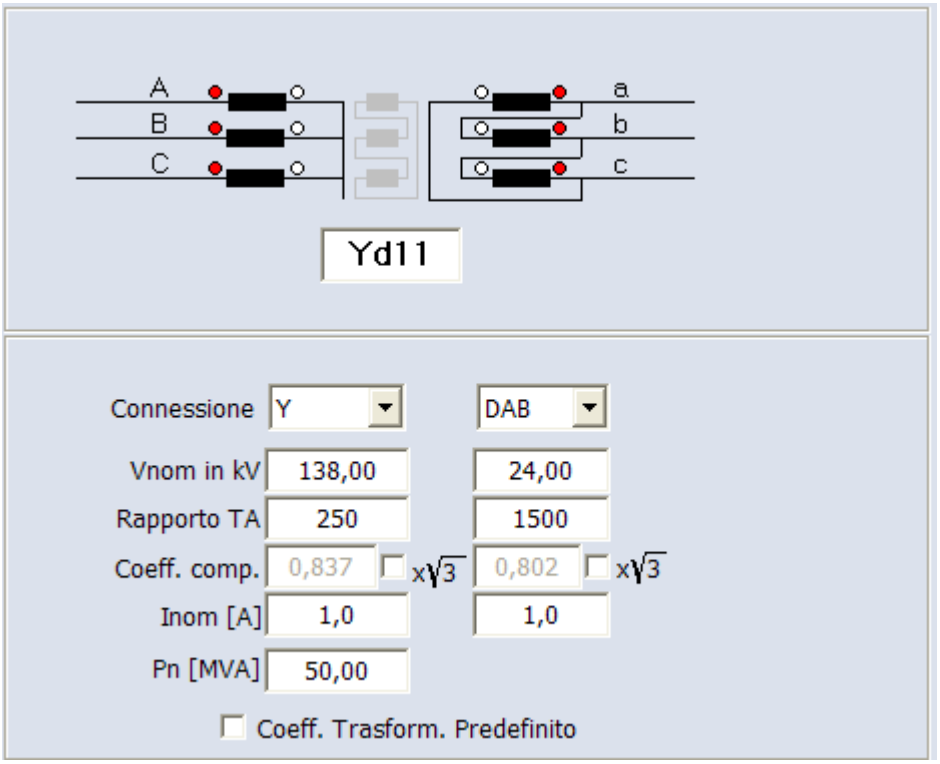
La page des données du Système est la plus importante vu qu'elle contient l'organisation du relais:

- Connexions du transformateur
- Caractéristique nominale du relais
- Paramètres nominaux (Vnom, Fnom, ecc)

Sans ces paramètres, il n'est pas possible de faire fonctionner le relais!

1.3 Données de système

1.3.1 Connexions du transformateur

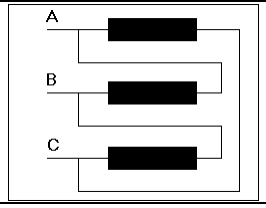
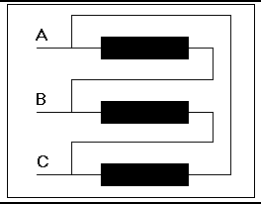


Toutes les connexions du transformateur possibles peuvent être organisées en fonction de la sélection des connexions des bobinages 1 et 2, et de la polarité (le cercle rouge de la figure)

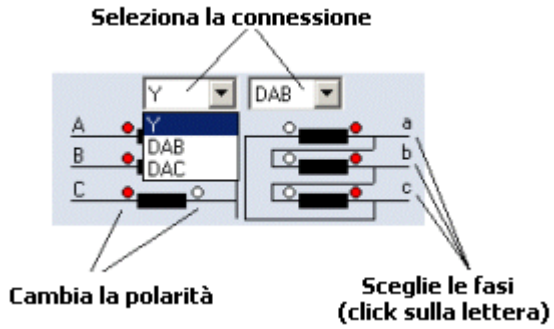
Les connexions pour les bobinages 1 et 2, qui peuvent être Y, DAB ou DAC et la polarité déterminent les groupes transformateurs comme il s'ensuit

- Yy0, 2, 4, 8, 10
- Dy ou Yd 1, 3, 5, 7, 9, 11
- Dd 0, 2, 4, 6, 8, 10

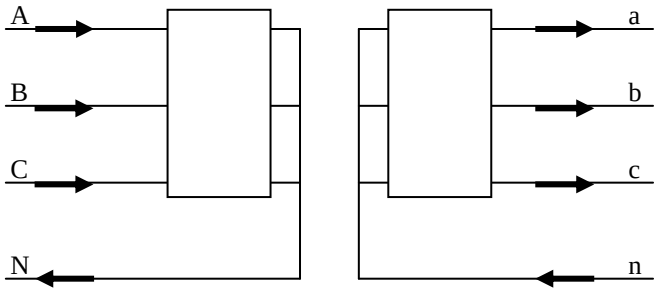
Indiquez la connexion dans le champ défini. Le programme contrôlera automatiquement si la connexion est correcte (par exemple il n'est pas possible d'indiquer une connexion Yd2)

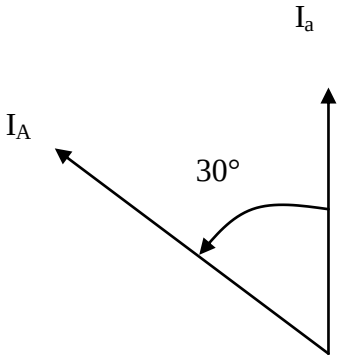
Connexion DAB signifie: Terminal positif A connecté au terminal négatif	Connexion DAC signifie: Terminal positif A connecté au terminal négatif C:
	

Le groupe vectoriel peut être défini aussi comme il s'ensuit:



Le groupe vectoriel du transformateur est défini comme il s'ensuit:





- I_A est le courant primaire de la phase 1
- I_a est le courant secondaire de la phase 1

$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{30}{30} = 1$$

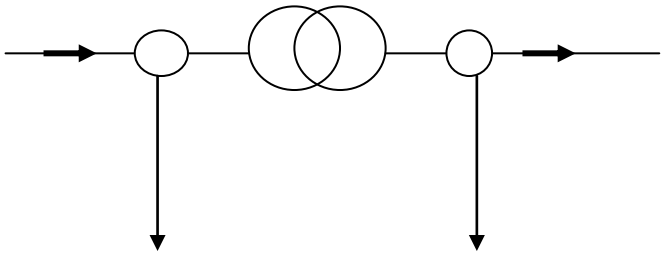
1.3.2 Coefficient de Compensation

Les coefficients des transformateurs de puissance sont calculés sur la base de la puissance nominale Pn la tension primaire et la tension secondaire, V_{1n} e V_{2n}. Les rapports CT sont:

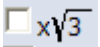
$$Tap_1 = \frac{P_n}{\sqrt{3} * V_1 * CTR_1 * I_n} \qquad Tap_2 = \frac{P_n}{\sqrt{3} * V_2 * CTR_2 * I_n}$$

Représentent le courant côté secondaire du transformateur de courant qui opère la mesure, en multiples du courant nominal.

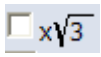
$$I_1 = \frac{P_n}{\sqrt{3} * V_1} \qquad I_2 = \frac{P_n}{\sqrt{3} * V_2}$$



$$I''_1 = \frac{I_1}{CTR_1} \qquad I''_2 = \frac{I_2}{CTR_2}$$

Note: 

Dans quelques relais (par exemple SEL-387) le coefficient considère aussi la configuration de la connexion des TA. Si la connexion du relais est à étoile, la formule est celle indiquée ci-dessus. Si la connexion est à triangle (Δ), les coefficients seront ceux indiqués ci-dessus, mais multipliés par

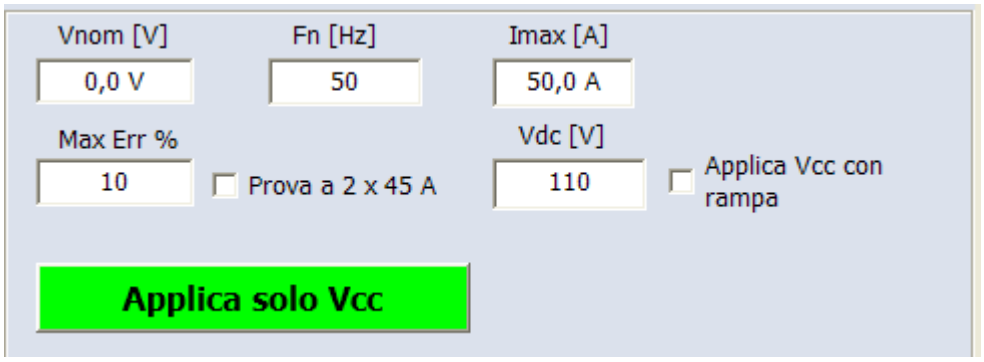
$\sqrt{3}$. Ensuite pour un calcul correct des coefficients, est visualisée la sélection 

. Ainsi on peut multiplier le coefficient de conséquence.

Note:

- **Coeff Transform. Prédéfini**: pour des relais statiques et électromécaniques le coefficient est défini directement (et non calculé au moyen de Pn, Vnom, Rapport CTRatio, Inom). Sélectionnez cette option pour indiquer manuellement la valeur.

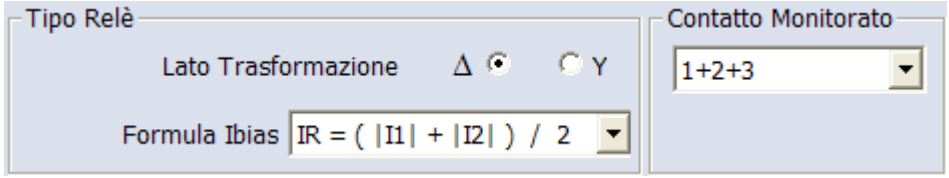
1.3.3 Valeurs nominales



- **Vnom [V]**: c'est la tension nominale du secondaire du transformateur de puissance. E' importante au cas où le relais a une caractéristique à restriction de tension et il peut être intéressant de vérifier comment la caractéristique change par effet d'une variation de la tension nominale.
- **Vdc [V]**: pour alimenter le relais avec la tension continue fournie par l'instrument
- **Applique Vdc avec Rampe**: à choisir au cas où une application directe de la tension provoque une surcharge sur le générateur de la tension continue
- **Imax [A]**: courant à ne pas être dépassé durant les tests
- **Fn [Hz]**: la fréquence nominale
- **Max Err %**: montrera un message de Réussi/échoué sur le tableau des résultats.
- **Test à 2x 45A** permet de mettre en parallèle les courants I1-I2-I3 et I4-I5-I6 quand on utilise un instrument avec six courants.

Avant de commencer n'importe quel test, on doit Appliquer la Vcc pour allumer le relais s'il n'a pas été déjà alimenté en mode alternatif: appuyez le bouton correspondant.

1.3.4 Type du relais



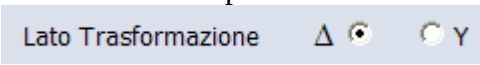
Les relais électromécaniques ou les dispositifs électroniques des protections différentiels corrigent le déphasage vectoriel avec des connexions appropriées des bobines du transformateur. Le principe est que les transformateurs de courant connectés à Y sur le côté Delta d'un transformateur ne tournent pas les courants sortant du transformateur. Les transformateurs de courant connectés à

Delta sur le côté Y du transformateur au contraire exécutent une rotation de phase. Cela signifie que les courants côté Y sont tournés en fonction du groupe vectoriel du transformateur pour coïncider avec les courants côté delta.
En outre la connexion à delta des transformateurs de courant élimine la composante homopolaire qui passe sur le côté Y à terre du transformateur. Etant donné que sur le côté delta des courants homopolaires ne peuvent pas être déterminés, cette compensation est inévitable pour la correcte opération de la protection différentielle.
S'il se produit un défaut biphasé sur le côté Y du transformateur, le courant homopolaire passe sur le côté Y à terre, mais sur le côté delta on ne peut pas déterminer le courant homopolaire sortant. Sans l'élimination du courant homopolaire la protection génère une commande de déclenchement en cas de panne à terre externe. Mais si le groupe des transformateurs de courant sur le côté Y est à Delta, alors aucun courant homopolaire sortant du groupe ne passe. Donc le problème de l'élimination du courant homopolaire en cas de panne monophasée externe est résolu.

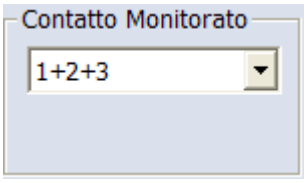
Les différentiels de protection numériques (ex. ABB RET ou Protection DTD) appliquent des matrices de transformation pour la modification des connexions delta des transformateurs de courant. En pratique cela signifie une sous station cyclique des courants.
On définit les relais de ce type relais à **Transformation Côté Δ**.

Les algorithmes des différentiels numériques, offrent en outre la possibilité d'éliminer la composante homopolaire du côté Y du transformateur. Dans cette transformation, le côté Y est celui de référence, ce qui signifie que les courants de référence sont les courants réels circulant dans les bobines. Par conséquent les courants sortant du côté Delta, doivent être transformés dans des courants de bobine réels
On définit les relais de ce type relais à **Transformation Côté Y**.

Il est donc important de sélectionner la **méthode** appropriée en fonction de l'algorithme exécuté par le relais testé. Le paramètre **Côté Transformation**



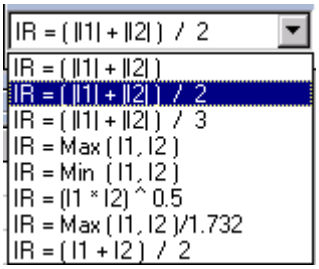
a deux options: Y et Δ. Sélectionnez celle correcte. Cette information peut être déduite du Manuel d'Utilisation du relais
. **Contact monitorisé**



Un relais différentiel opère normalement avec trois éléments différentiels, correspondant aux phases A, B, C. Cela signifie que pour chaque type de panne, trois éléments sont stimulés et contribuent à définir le déclenchement du relais. Dans beaucoup de relais il est possible de sélectionner la logique de déclenchement de manière à contrôler séparément les éléments différentiels et donc disposer de 4 diverses commandes de déclenchement: une pour chaque élément différentiel et une qui représente OR des trois commandes individuelles.
Normalement la commande de déclenchement 1+2+3 (déclenchement général, OR des seules commandes) est celui contrôlé, mais si l'opérateur connecte un contact de déclenchement seul du relais à l'entrée de déclenchement de l'instrument il est possible d'en vérifier la caractéristique de déclenchement sélectionnant le contact contrôlé de ce menu.

Courant de Bias et Différentiel
Définissons IR comme courant de charge ou courant passant, donnée normalement par la moyenne entre les courants I_1 et I_2, où:

- I_1: courant (en pu) côté primaire du transformateur
- I_2: courant (en pu) côté secondaire du transformateur



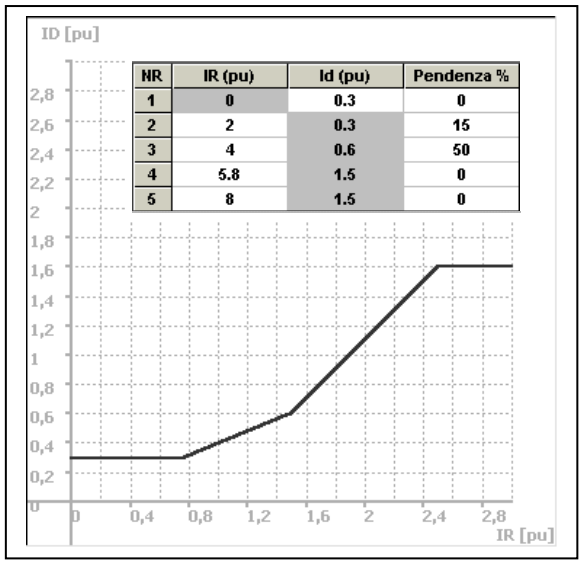
Selon le producteur du relais, le courant passant Ir est calculé comme:

- $I_R = |I_1 + I_2|$: formule utilisée par les relais Siemens
- $I_R = \frac{|I_1 + I_2|}{2}$: formule standard
- $I_R = \frac{|I_1 + I_2|}{3}$: formule utilisée par quelques relais GE pour des transformateurs à 3 bobinages
- $I_R = \sqrt{I_1 \times I_2}$: formule utilisée sur des relais R et 316

Le courant différentiel est défini comme: $I_d = |I_1 - I_2|$

1.3.5 Caractéristique Nominale: Point par point

Une caractéristique nominale typique d'un relais différentiel est montrée dans la figure suivante.



Elle peut être définie indiquant les coordonnées de chaque point dans le tableau de la caractéristique nominale, ensuite désignée sur le graphique.
Quand une caractéristique est définie point par point:

- On peut ajouter et effacer des points en appuyant sur les boutons correspondants.
- **Si la couleur de la cellule est grise:** les coordonnées des points ne peuvent pas être modifiées
- Pour chaque point inséré on peut indiquer IR, Id et la pente: ceux-ci définissent la ligne passante pour IR et ID avec la pente spécifiée. Rappelez-vous que:
  - Pente = 0: ligne horizontale
  - Pente = 999:ligne verticale

Considérons l'exemple de la figure pour mieux comprendre comment modifier une caractéristique nominale.

Point no 1

- La caractéristique commence toujours de IR_1=0, ainsi il n'est pas possible d'indiquer IR_1 pour ce point.
- Id peut être n'importe quelle valeur positive … dans notre exemple Id_1 = 0,3
- Pente $_1$ = 0: ligne horizontale

Point no 2

- La première est une ligne horizontale qui va de IR_1 jusqu'à IR_2 = 0,75
- Id_2 ne peut pas être modifiée vu qu'elle est calculée en fonction de IR_2: elle serait

$$Id_2 = Id_1 + \frac{Slope_1}{100} * (IR_2 - IR_1) = 0.3$$

- Ensuite la caractéristique continue avec pente$_2$ = 40%

Point no 3

- La seconde ligne va de IR_2 jusqu'à IR_3 = 1,5
- Id_3 ne peut pas être modifiée étant calculée sur la base de IR_3: serait

$$Id_3 = Id_2 + \frac{Slope_2}{100} * (IR_3 - IR_2) = 0.6$$

- Ensuite la caractéristique continue avec la pente = 100%

Point no 4

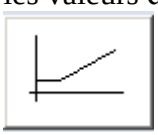
- La troisième ligne va de IR_3 jusqu'à IR_4 = 2,5 avec la pente$_3$ égale à 100%
- Id_4 ne peut pas être modifiée étant fonction de IR_4: elle serait $Id_4 = Id_3 + \frac{Slope_3}{100} * (IR_4 - IR_3) = 1.6$
- Ensuite la caractéristique continue avec la pente = 0 % c'est-à-dire avec une ligne droite horizontale.

Et ainsi de suite pour tous les points. Rappelez-vous que **NP = NL + 1**, où

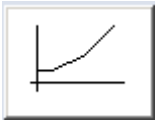
- NP est le nombre des points
- NL est le nombre des lignes du tableau

1.3.6 Caractéristique nominale: Macro

Typiquement les caractéristiques nominales des relais peuvent être reconduits à peu de modèles fondamentaux, donc on peut utiliser des macros pour la définition plus rapide des paramètres .Il y a trois caractéristiques fondamentales qu'on peut accéder en cliquant sur le bouton relatif et insérant les valeurs d'organisation demandées

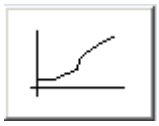


Caractéristique à pente unique:la plus commune entre les relais statiques

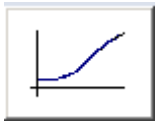


Caractéristique à double pente: la plus commune entre les nouveaux relais digitaux

A double pente avec discontinuité: peu courante mais utilisée

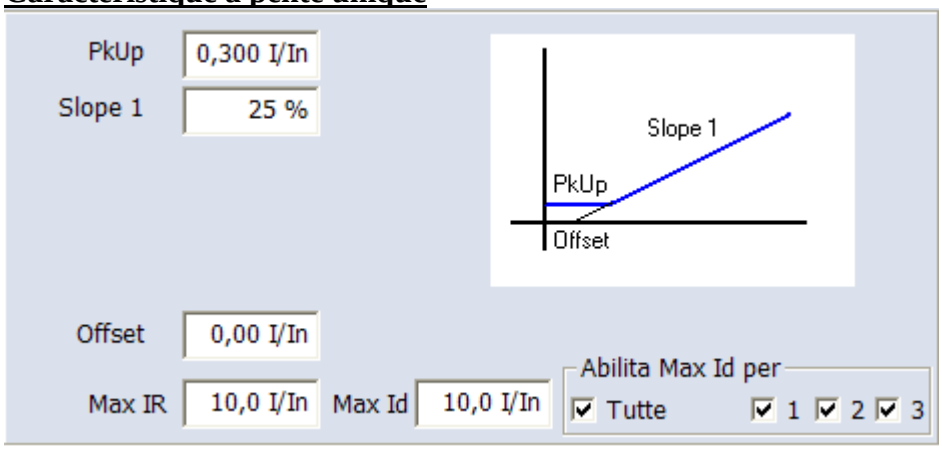


Caractéristique Duobias: courbe spécifique pour Relais Duobias VA-Teck



GET60 Universal relay: courbe spécifique pour les relais GE T60

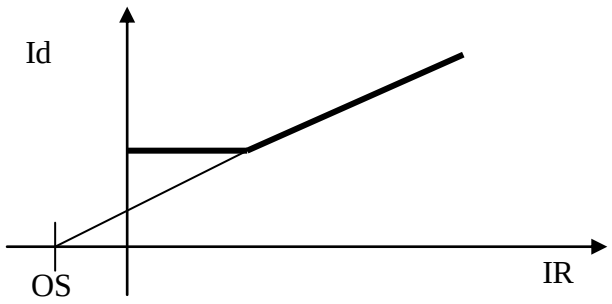
Caractéristique à pente unique



L'opérateur doit indiquer le courant différentiel de déclenchement et le coefficient angulaire de la partie en pente.-

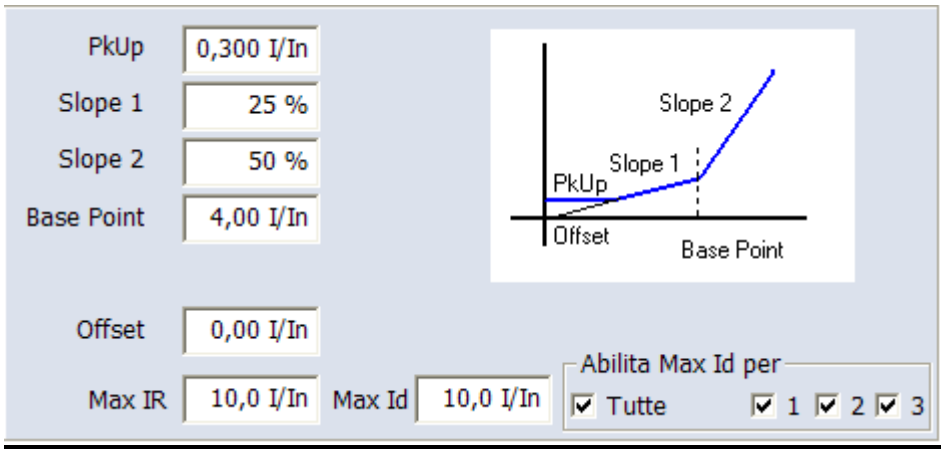
Les paramètres d'entrée sont:

- PkUp: est le courant différentiel de déclenchement
- SL1%: est la pente de la caractéristique
- OS: offset dans le point d'origine: la pente est une ligne droite qui part de l'offset; celui-ci est normalement zéro, mais dans quelques relais de Alstom est une valeur positive ou négative diverse de 0
- Max IR: maximum de courant de Retenue
- Max Id: maximum de courant différentiel permis
- Habilite Max Id pour: habilite l'élément de maximum de courant différentiel pour les éléments de déclenchement identifiés par les phases sélectionnées.



Caractéristique à double pente

L'utilisateur doit définir le courant différentiel de déclenchement et les pentes des deux parties en pente de la caractéristique.

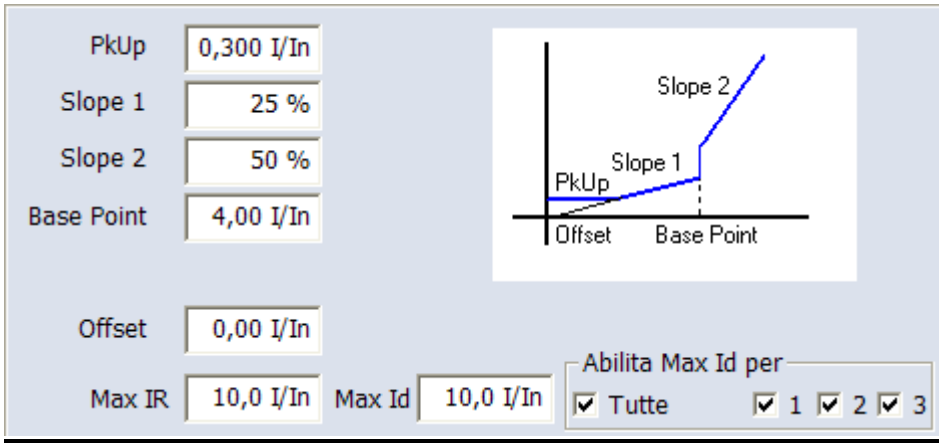


Les paramètres d'entrée sont:

- PkUp: est le courant différentiel de déclenchement
- SL1%: est la pente de la première partie en pente de la caractéristique
- SL2%: est la pente de la seconde partie en pente de la caractéristique
- KP: point de départ de la seconde partie en pente de la caractéristique
- OS: offset au point d'origine: la pente est représentée par une ligne droite qui part de l'origine, d'habitude zéro, mais qui pour quelques relais Alstom est une valeur positive ou négative
- Max IR: maximum de courant de Retenue
- Max Id: maximum de courant différentiel permis
- Habilite Max Id pour: habilite de l'élément de maximum de courant différentiel pour les éléments de déclenchement identifiés par les phases sélectionnées.

Caractéristique à double pente avec discontinuité

L'opérateur doit définir le courant différentiel de déclenchement, la pente de la première partie en pente de la courbe, et la pente de la seconde partie.

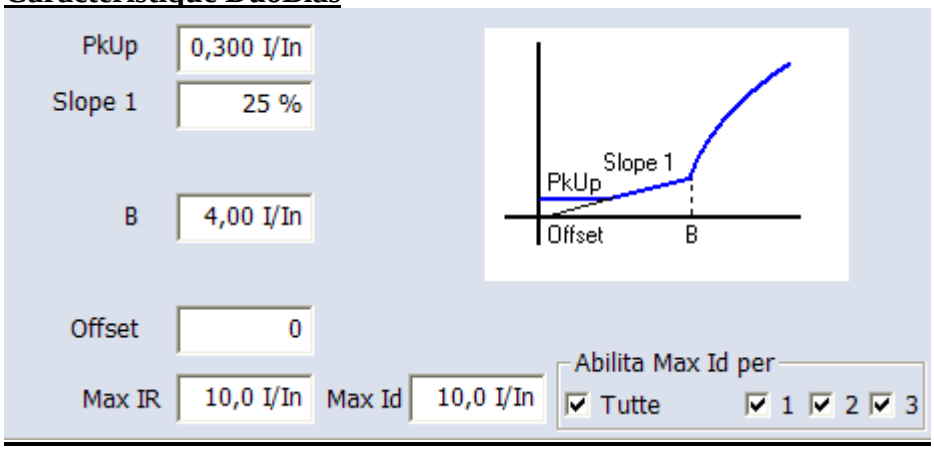


Les paramètres d'entrée sont:

- Déclenchement: est le courant différentiel de déclenchement

- SL1%: est la pente de la première partie en pente de la caractéristique
- SL2%: est la pente de la seconde partie en pente de la caractéristique
- KP: point de départ de la seconde partie en pente de la caractéristique
- OS: offset au point d'origine: la pente est représentée par une ligne droite qui part de l'origine, mais qui pour quelques relais Alstom est une valeur positive ou négative
- Max IR: maximum de courant de Retenue
- Max Id: maximum de courant différentiel permis
- Habilite Max Id pour: habilite pour l'élément de maximum de courant différentiel pour les éléments de déclenchement identifiés par les phases sélectionnées.

Caractéristique DuoBias



Les paramètres d'entrée sont:

- PkUp: Courant différentiel de déclenchement
- SL1%: Pente de la première partie en pente de la caractéristique
- B : Point de commencement de la seconde partie en pente de la caractéristique
- Max IR: maximum de courant de Retenue
- Max Id: maximum de courant différentiel permis
- Habilite Max Id pour: habilite pour l'élément de maximum de courant différentiel pour les éléments de déclenchement identifiés par les phases sélectionnées.

La courbe au-dessus du point suit la règle suivante

Déclenchement si:

$$I_{diff} \geq \sqrt{\frac{1}{2}\left(X^2 - K^2\right)}$$

Dove:

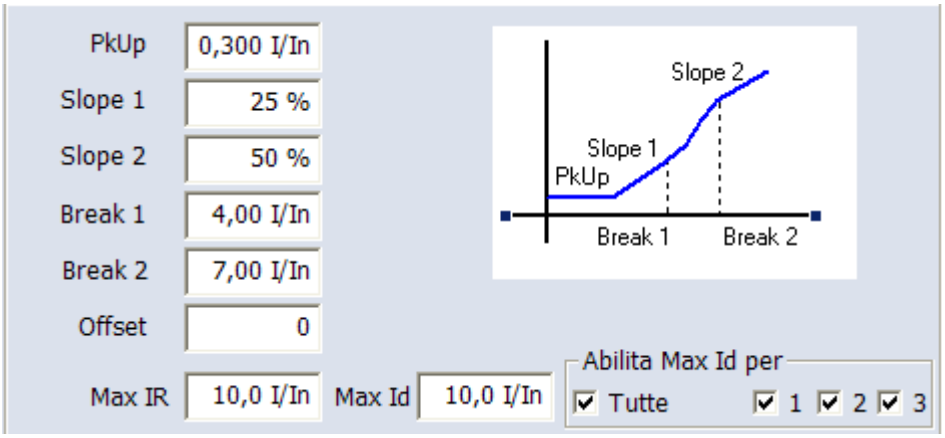
$$X = \frac{(I1 + I2)}{2} = I_{\text{Bias}}$$

$$K^2 = B^2 - 2M^2B^2$$

$$B = \text{L}imite\ \text{pendenza}$$

$$\text{M} = Pendenza$$

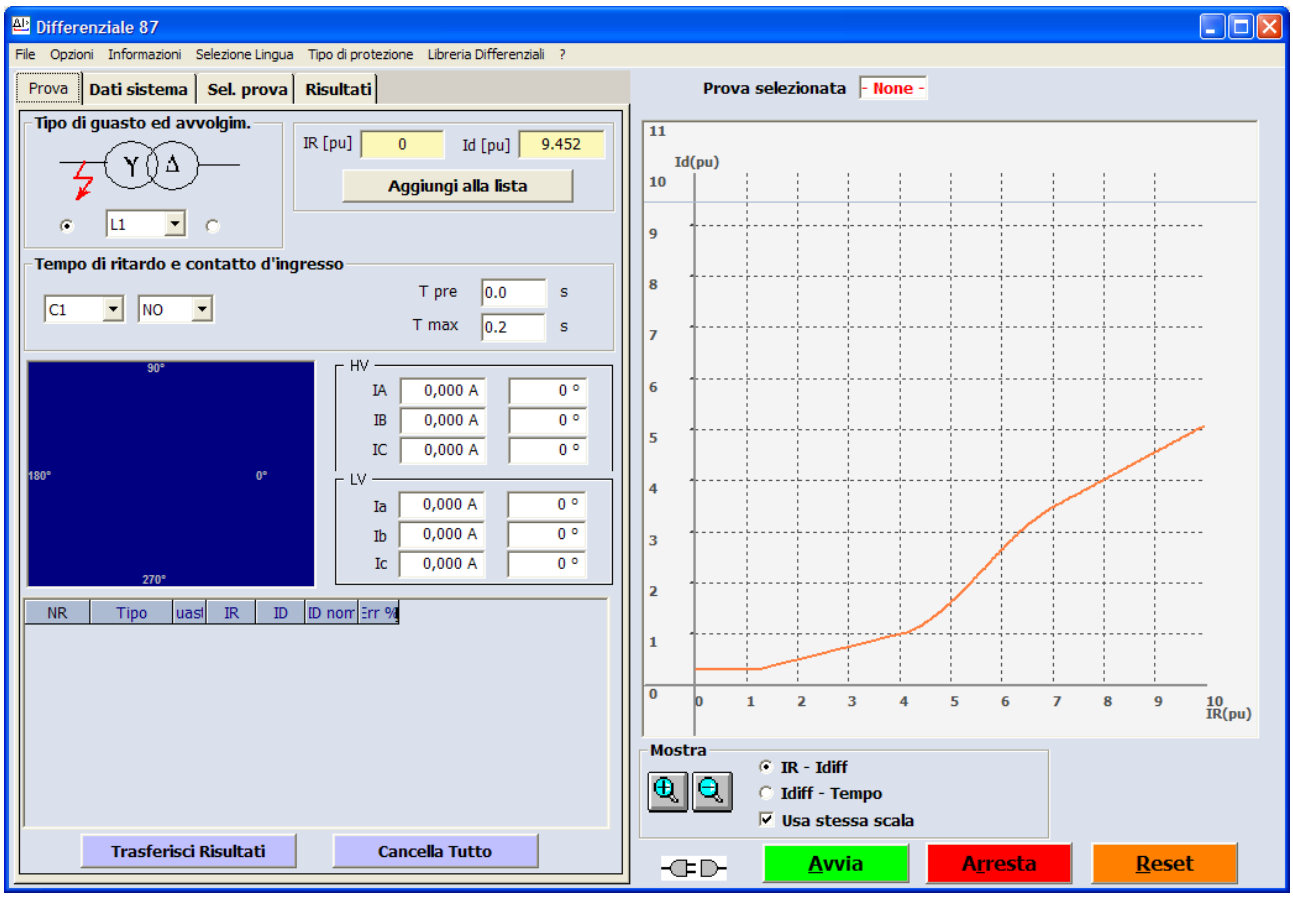
GE T60 Relais universel



Les paramètres d'entrée sont:

- PkUp: est le courant différentiel de déclenchement
- SL1%: est la pente de la première partie en pente de la caractéristique
- SL2%: est la pente de la seconde partie en pente de la caractéristique
- Break1: fin de la première partie en pente
- Break2: commencement de la seconde partie en pente
- OS:offset au point d'origine: la pente est représentée par une ligne droite qui part de l'origine; normalement a zéro.
- Max IR: maximum de courant de Retenue
- Max Id: maximum de courant différentiel permis
- Habilite Max Id pour: habilite pour l'élément de maximum de courant différentiel pour les éléments de déclenchement identifié par les phases sélectionnées.

1.4 Test



1.4.1 Type de panne et bobinage

La sélection du type de panne dépend du type d'instrument et de la connexion du transformateur. Utilisez le tableau suivant comme référence.

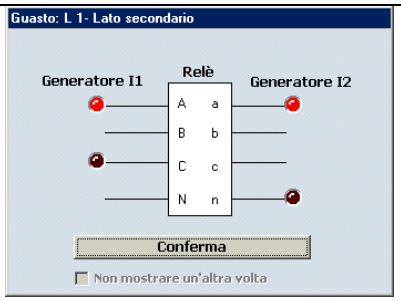
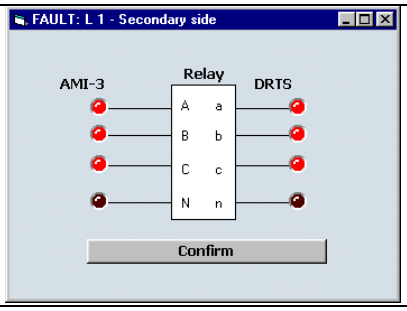
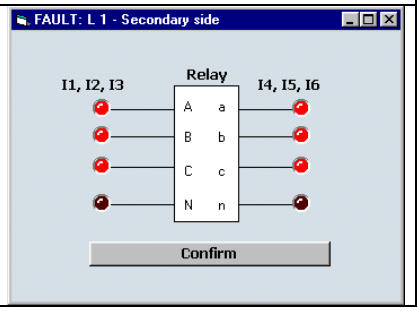
No de courants de l'instrument	Connexsions du transformateur	Type de panne sélectionable	Sur quel bobinage
3	YY	L1 o L2 o L3	Bobinage 1
3	YD	Pas possible	
3	DY	Pas possible	
3	DD	L12 ou L23 ou L31	Bobinage 1
6	YY-YD-DY-DD	L1 ou L2 ou L3 L12 ou L23 ou L31 L123	Bobinage1 et/ou Bobinage 2

Si l'instrument dispose de seulement trois sorties de courant, le relais doit être testé phase après phase. Dans ce cas, seulement 2 des 3 courants seront utilisés. Par conséquent:

- Pour une connexion YY, est exécuté un test monophasé sur le bobinage 1
- Pour une connexion DY, est exécuté un test monophasé sur le bobinage 2
- L'unique exception est le test monophasé d'un transformateur YD côté Y, parce que les trois courants sont utilisés. De toute façon il faudrait connecter les connexions suivantes.

Panne L1: I1, I2 et I3 doivent être connectés à IA, Ia, Ic
Panne L2: I1, I2 et I3 doivent être connectés à IB, Ia, Ib
Panne L3: I1, I2 et I3 doivent être connectés à IC, Ib, Ic

Quel que soit le type de panne sélectionné (voir le chapitre Sélection du Test), avant de l'exécuter seront présentées les suivantes fenêtres de dialogue pour décrire comment effectuer correctement les connexions du relais à l'instrument:

Pour les instruments à 3 phases:	**Pour les instruments à 6 phases:**	
UTB – UTS DRTS – DRTS-3 ART-3	DRTS + AMI-3 ou AMIV-3 DRTS-3 + AMI-33 ou AMIV-33	DRTS-6
		

La première fenêtre montre comment connecter l'instrument avec seulement 3 sorties de courant

- Le point rouge, représente le terminal **positif** du générateur, soit-il 1 ou 2
- Le **point marron** représente le terminal **négatif** du générateur, soit-il 1 ou 2

La seconde fenêtre montre comment connecter un instrument avec 3 sorties de courants e t booster (6 sorties de courants).

- AMI-3 sur Bobinage 1
  - Le **point rouge** représente le terminal **positif** du générateur, 1 ,2 et 3
  - Le **point marron** représente le terminal **négatif** du générateur
- DRTS sur Bobinage 2
  - Le **point rouge** représente le terminal **positif** du générateur 1 ,2 e 3
  - Le **point marron** représente le terminal **négatif** du générateur

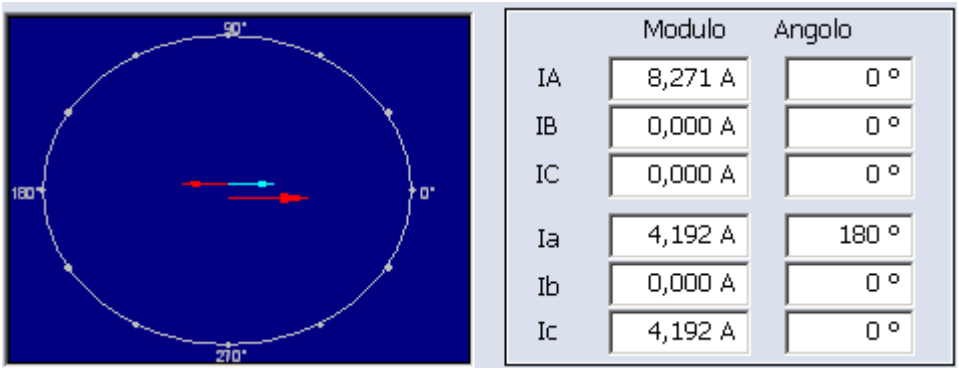
La troisième fenêtre montre comment connecter un instrument à 6 phases.

- Le **point rouge** représente le terminal **positif** du générateur, 1, 2, 3, 4, 5 et 6
- Le **point marron**, représente le terminal **négatif** du générateur

1.4.2 IR [pu] et Id [pu]

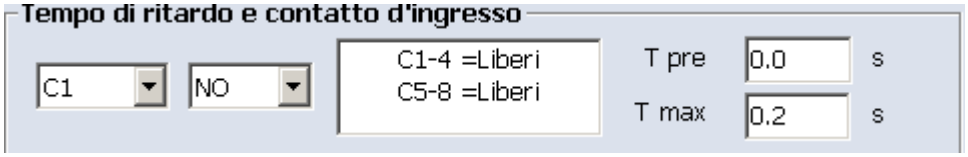
Ces deux champs rapportent simplement la position de la souris sur le graphique. Le courant de charge IR (Axe X) et le courant différentiel Id (Axe Y) peuvent être modifiés et ajoutés à la liste des tests avant d'être exécutés. Cette option sert à positionner un point de test déterminé: tous ne peuvent pas être ajoutés avec la souris à cause de la précision du pointeur de la souris et du PC. Les valeurs de IR et Id définissent par conséquent les valeurs des courants à être générés, tenant compte des informations suivantes:

- Connexions du transformateur
- Régulateurs du transformateur
- Type de panne
- Côté da la panne



Il y a la représentation en forme tabulaire et en graphique, comme il résulte de la figure ci-dessus.

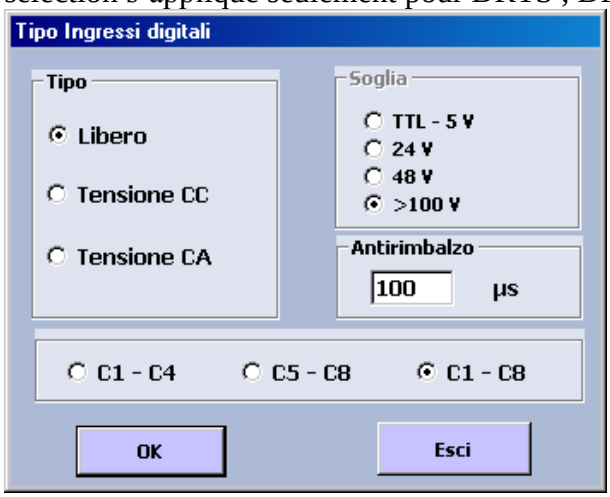
1.4.3 Contacts d'entrée et Timer



Dans ce compartiment on définit:

- Le contact d'entrée à utiliser: **de C1 à C8**
- L'état : normalement fermé ou normalement ouvert (**NC** ou **NA**)
- Le type de fonctionnement de l'entrée digitale: **sans tension ou en tension** (seulement pour les instruments de la série DRTS)
- Le temps de pré défaut **T pré**, qui peut être utilisé pour insérer un retard entre un test et celui successif.
- Le temps maximum de génération des courants **T max**… qui **doit être supérieur au temps nominal de déclenchement** du relais.

Pour définir la modalité de fonctionnement des entrées digitales, cliquez sur le compartiment central: il s'ouvrira la fenêtre rapportée par la suite pour définir l'état des contacts physique. Cette sélection s'applique seulement pour DRTS , DRTS3, DRTS6 et ART100.



- **Anti-rebond.**

Par rebond on comprend le temps pendant lequel l'instrument attend que l'entrée devienne stable: cela est indispensable pour éviter que le test s'arrête à cause de bruit, et en outre pour ignorer des rebonds du contact. Au moment où se produit un déclenchement, le comptoir du temps de rebond se met en marche: si c'est une transition opposée avant que le temps de rebond finisse, le compteur est

reseté. Seulement si l'entrée ne change pas pendant la durée programmée, la transition est acceptée et le compteur arrêté. La valeur de Défaut est: 500 us. Avec des entrées électroniques, la valeur peut être programmée à 0 s; avec des contacts provenant des anciens relais électromécaniques on suggère d'augmenter le temps de rebond à 2000us (maximum). La mesure du temps de déclenchement n'est pas affectée par cette sélection.

- **Type**

Il y a 3 possibles sélections pour le contact: Libres, En tension (c. c) ou en tension (a .c). Au cas des contacts ouverts, le seuil ne peut pas être sélectionné. Avec la sélection En tension (a.c), le rebond est établi à 2000 us pour éviter le passage par le zéro de l'entrée.

- **Seuil**

Quand le contact est sélectionné En tension, il est encore possible de sélectionner la tension de seuil: toutes les entrées inférieures à 80% de la valeur sélectionnée sont établies à zéro. Cela permet d'éviter le bruit sur la ligne, ou au cas où il y a une résistance de protection en parallèle au contact qui commande le bobinage, de sorte que le contact ouvert ne correspond pas à zéro volts. Seuils disponibles: 5 V (entrées logiques); 24 V; 48 V; 100 V. Cette sélection devrait correspondre à la tension de polarisation des contacts.

Si l'on sélectionne Contacts ouverts et si une tension est appliquée, l'instrument n'en réagit pas, à condition que la tension ne soit pas supérieure à 220 V. Si une tension est sélectionnée et l'entrée n'est pas en tension, le déclenchement n'est pas atteint.

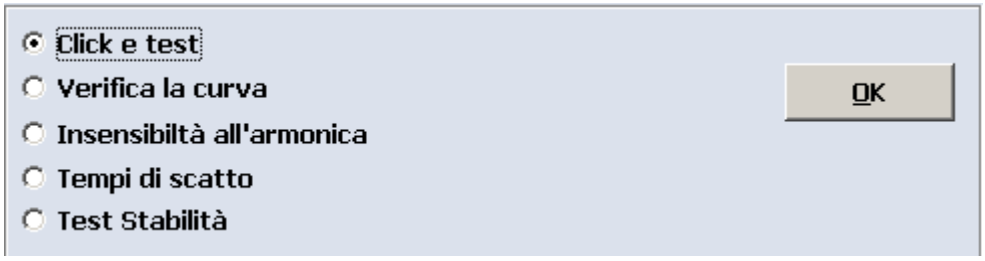
Si l'on sélectionne une tension erronée:

. Pour des seuils supérieurs à la tension le déclenchement n'est pas atteint;

. Pour des seuils inférieurs à la tension le contact pourrait être vu fermé quand en réalité il est ouvert

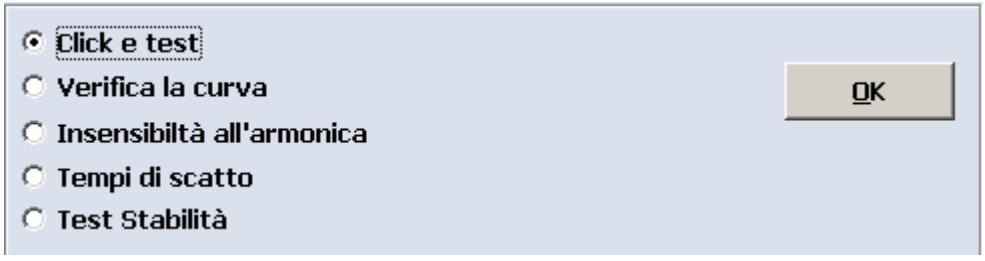
1.5 Sélection du type de test

Les tests possibles sont:

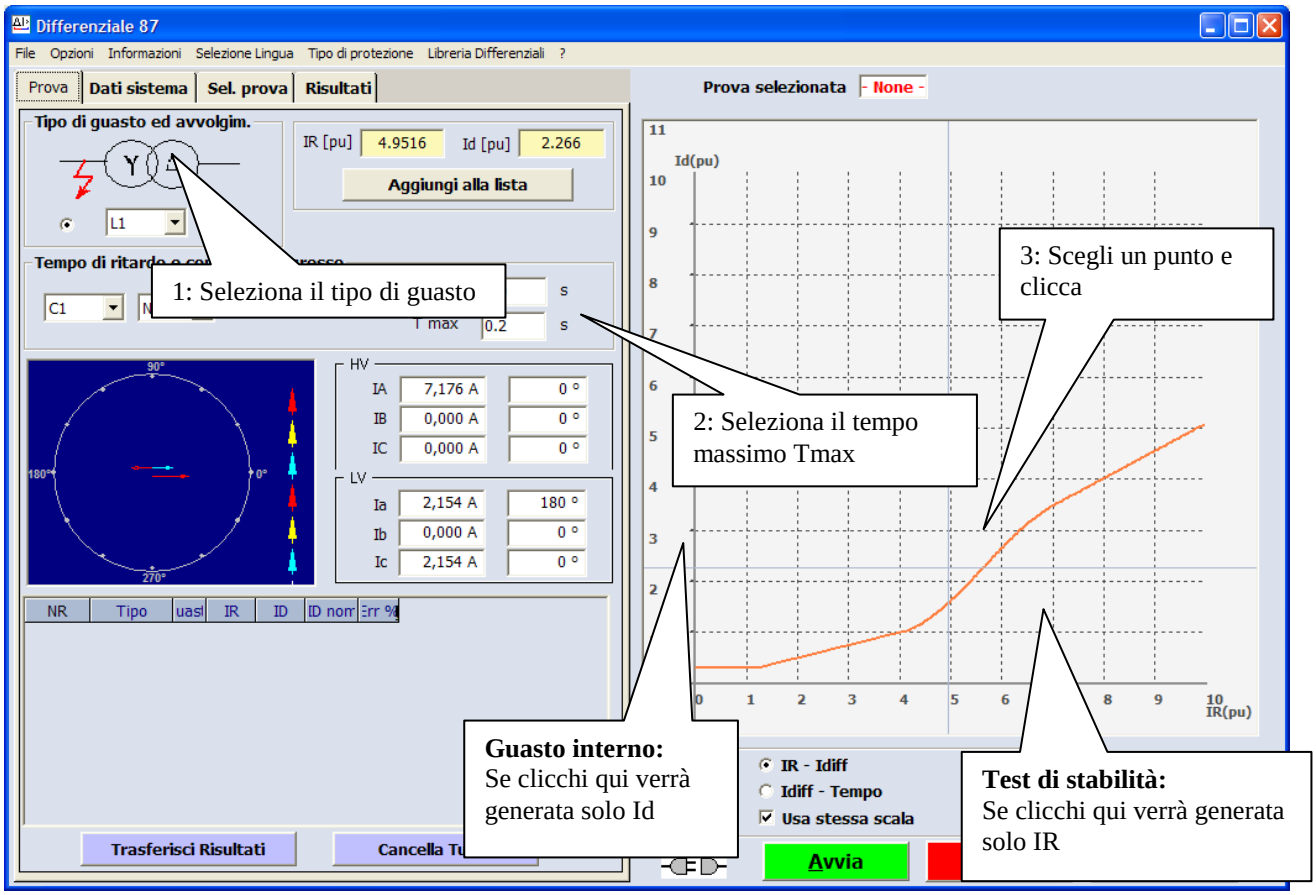


1.5.1 Click et test

Cela signifie qu'on peut sélectionner un point de test directement en cliquant sur le graphique avec le mousse dans la position désirée.



- Appuyez OK pour confirmer la sélection
- Sélectionnez un point du graphique et cliquez
- Les courants de test sont générés immédiatement après le click.

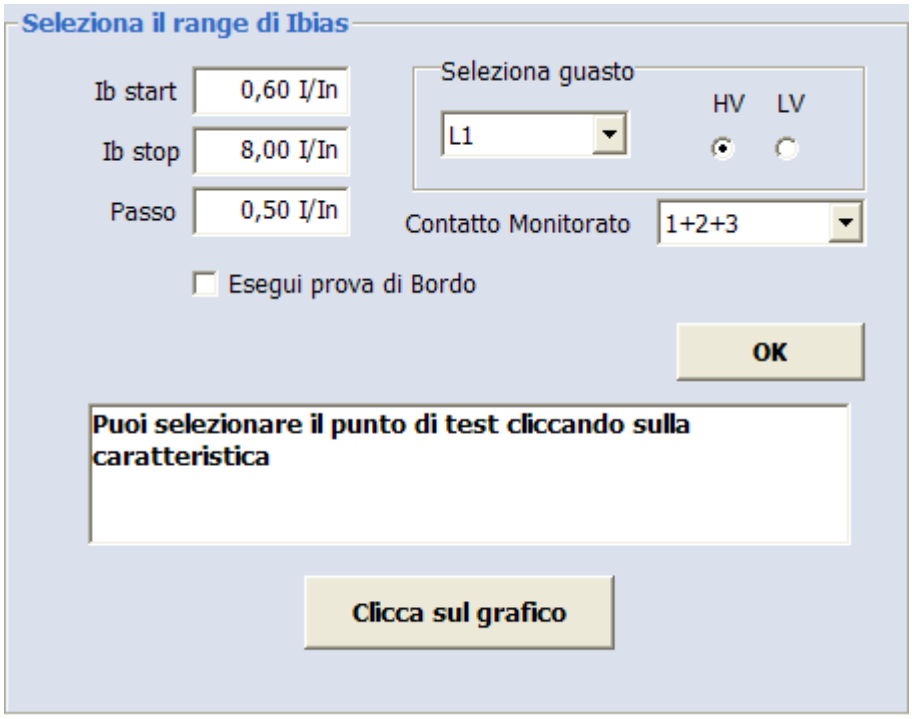


Note

Le résultat sera mis en évidence avec des couleurs diverses (selon l'organisation des couleurs sur le graphique) selon que le résultat du test est un déclenchement produit en moins de T max ou un non déclenchement.

1.5.2 Contrôle de la courbe

Le courant différentiel nominal Id est contrôlé en fonction de IR.



Le test est exécuté avec des valeurs contenues entre **Ibstart** et **Ibstop.** Le nombre des points est défini par le paramètre **Pas**. La valeur nominale Id est calculée automatiquement, étant

$$Id = f(I_R)$$

Les points de test sont positionnés sur la caractéristique pour en faciliter l'évaluation.

Appuyant OK les points sont insérés dans le tableau des tests à exécuter.
Appuyant la touche Démarre on commence le test.

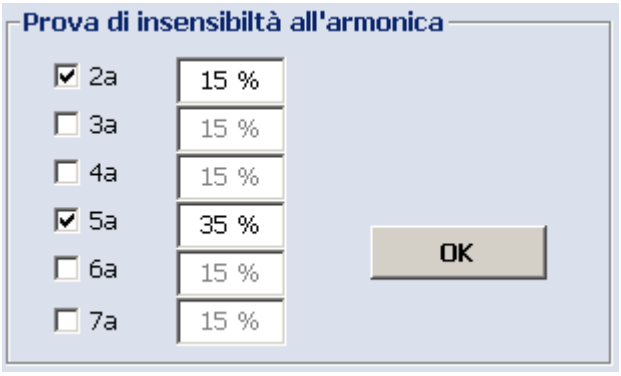
- On utilise un algorithme de recherche binaire pour déterminer le seuil Id.
- La valeur de Id mesurée est sauvée dans le tableau des tests, dans la colonne Id
- Le temps de déclenchement mesuré est sauvé dans la colonne **T (s)** du tableau
- L'erreur en % de la **Id nominale** est calculée et mise dans la colonne **Err %**
- L'indication si le test est plus ou moins réussi est ensuite indiquée dans la colonne relative du tableau.

NR	Tipo	Guasto	IR	ID	T [cicli]	ID nom	Err %	Rius
1*	Shot	L1	1.6331	0.522	2.5			
2*	Shot	L1	2.6116	0.575	2.5			
3*	Shot	L1	3.4579	1.051	2.5			
4*	Shot	L1	5.4149	1.316	2.5			
5*	Shot	L1	6.9223	2.083	2.5			
6*	Shot	L1	6.8959	1.289	No Trip			

Le Contact Contrôlé permet de choisir l'élément différentiel qui est contrôlé et connecté au contact de déclenchement de l'instrument. On peut choisir une des commandes de déclenchement des seuls éléments différentiels ou la commande de déclenchement général (OR des éléments seuls).

1.5.3 Restriction harmonique

Le test de restriction harmonique arrive jusqu'à la septième harmonique. Sélectionnez celle que vous désirez être testée.



- Etablissez la valeur de la restriction harmonique en %
- Appuyant OK, sont écrites les relatives lignes dans le tableau des tests.

NR	Tipo	Harm Nr	Harm % Nom	Harm % Meas	Harm Err %
1*	2a Harm	2	15 %	18.27	21.8
2*	5a Harm	5	35 %	33.87	-3.23

La forme d'onde de sortie est mise à jour à chaque génération des sorties et la recherche du type se produit au moyen d'un algorithme de recherche binaire.
Indiquant avec:

- **I_f**: La valeur efficace RMS de la fondamentale (à 50 ou 60 Hz)
- **I_h**: La valeur efficace RMS de l'harmonique à tester
- **h**: ordre de l'harmonique
- **I_{RMS}**: la valeur efficace RMS totale $I_{RMS} = \sqrt{I_h^2 + I_f^2}$
- **$H_{\%}$:** le pourcentage harmonique $H_{\%} = \frac{I_h}{\sqrt{I_h^2 + I_f^2}} * 100$

La méthode utilisée est décrite par la suite.

1. On établit IR =0 et on calcule le courant Id relatif
2. On établit la sortie Id = 2 * Id (pour être sûr que le relais déclenche) à la fréquence nominale
3. On calcule les courants de sortie I1, I2, et I3
4. On établit I_f au maximum entre les courants I1, I2, et I3
5. Générant I_f: le relais devrait se déclencher, autrement le courant est augmenté jusqu'à ce que le relais ne déclenche pas.
6. On établit la valeur % de l'harmonique à ajouter à la fréquence nominale
7. On calcule la valeur efficace RMS de la composante harmonique $I_h = \frac{H_{\%} * I_f}{\sqrt{100^2 - H_{\%}^2}}$
8. On calcule la valeur efficace totale comme elle est définie ci-dessus, $I_{RMS} = \sqrt{I_h^2 + I_f^2}$
9. On met à jour la forme d'onde selon la formule suivante:
   $i(t) = \sqrt{2} * (I_f * \sin(2 * \pi * f) + I_h * \sin(2 * \pi * f * h))$

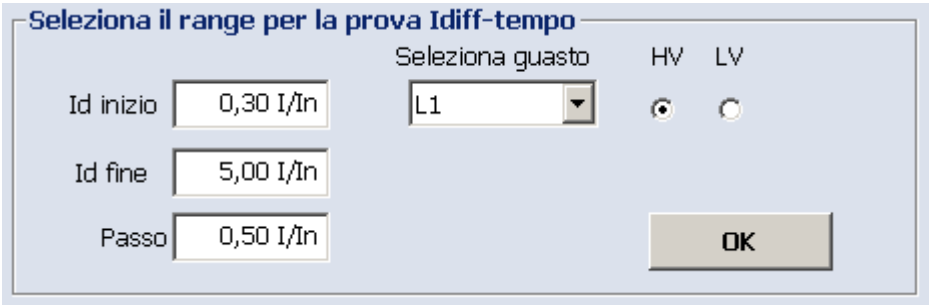
Le module de génération des harmoniques est utilisé pour effectuer tous les calculs.

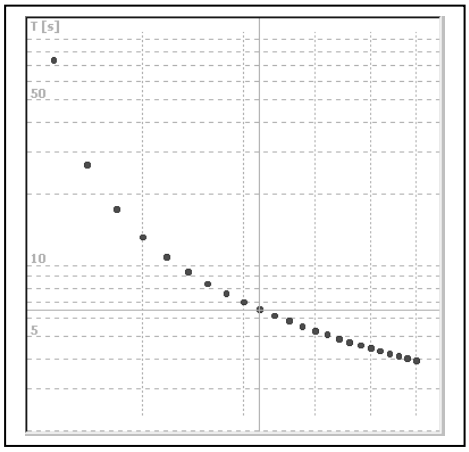
- Au cas où le relais déclenche, le pourcentage d'harmonique n'est pas suffisant pour bloquer l'opération: $H_{\%}$ est augmenté et le test repart du point n°6
- Au cas où le relais ne déclenche pas, le pourcentage d'harmonique suffit pour bloquer l'opération: $H_{\%}$ est diminué et le test repart du point n°6

10. Le processus est itéré jusqu'à ce que le pourcentage d'harmonique qui représente le seuil de fonctionnement soit déterminé, avec la précision désirée.

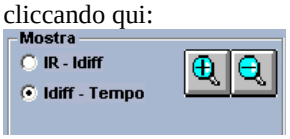
1.5.4 Temps de retard IR=0

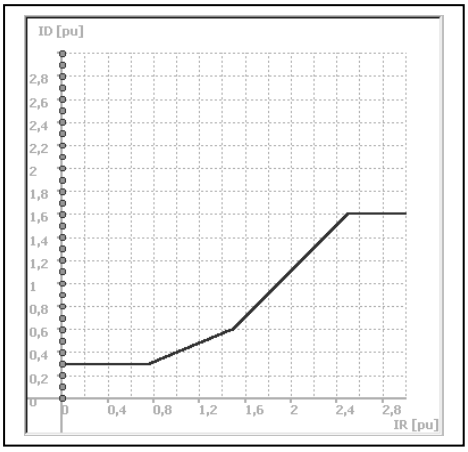
Celui-ci est utilisé pour mesurer le temps de déclenchement pour différentes valeurs de Id, mais à Ir constant =0. En d'autres mots, c'est comme si on effectuait une série de clic sur l'axe Y.



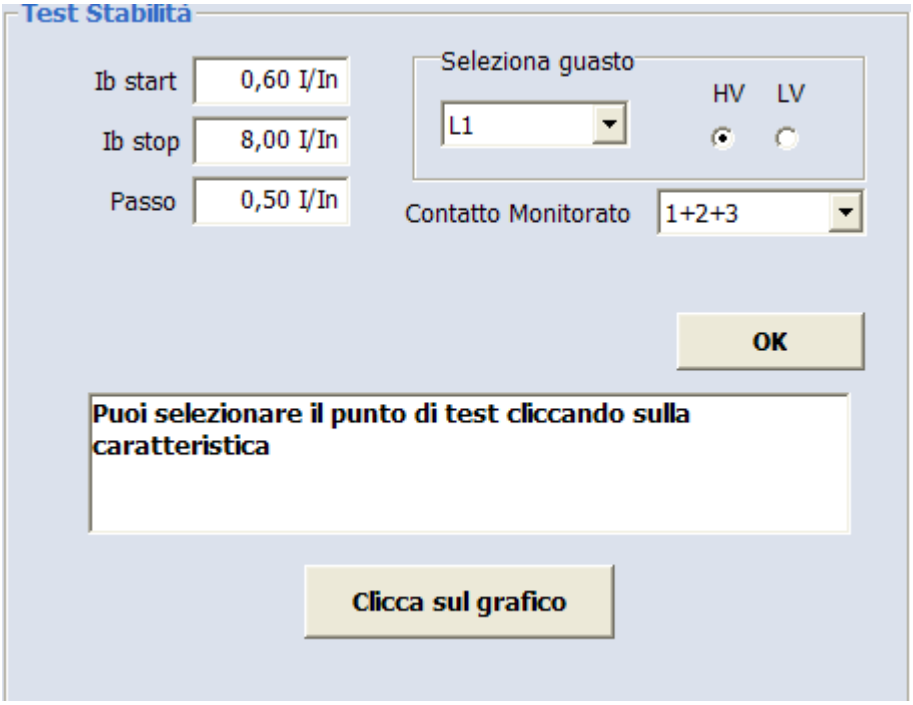


I test sono visualizzati come Id in funzione del tempo. Si può utilizzare questa rappresentazione cliccando qui:





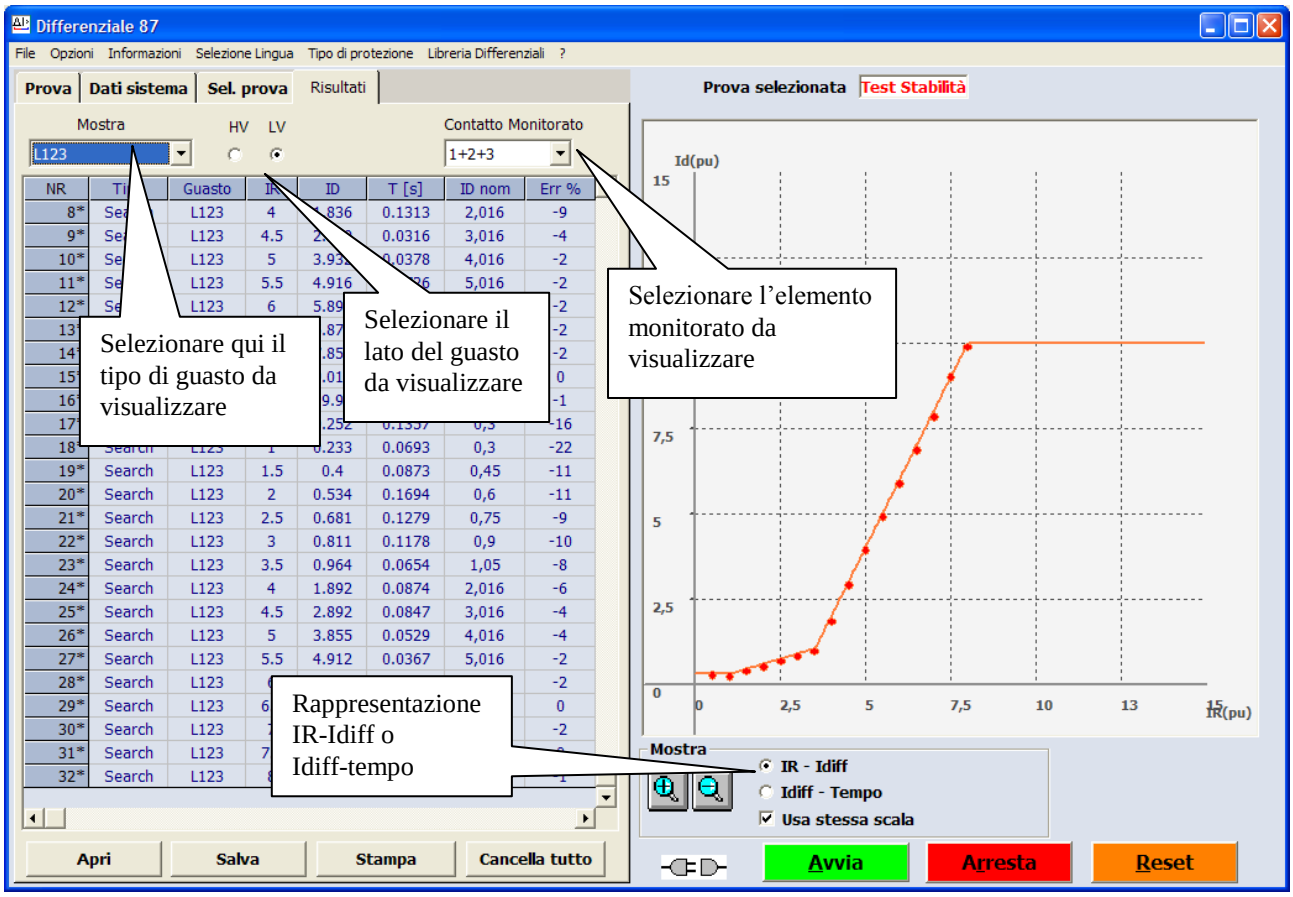
1.5.5 Test de stabilité



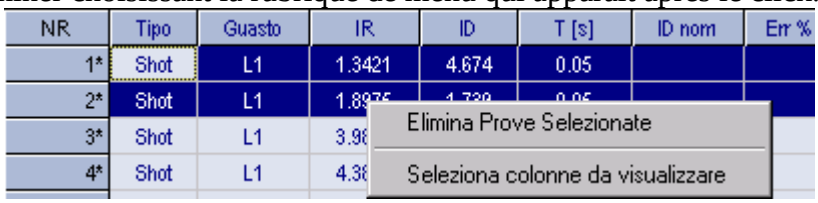
Ce test est utilisé pour vérifier que le relais est stable au cas d'une panne passante. Dans ce cas, le transformateur aussi bien que le relais sont intéressés par un courant passant très haut, qui en théorie ne produit pas de courant différentiel. De toute façon, à cause des erreurs dans le transformateur de courant, et à cause d'autres raisons, le relais pourrait relever du courant différentiel Le relais devrait de toute façon rester stable et bloquer n'importe quel déclenchement.
Pour exécuter ce test il suffit d'exécuter un lancement à $I_{diff} = 0$. De toute façon, on choisit d'introduire un test spécifique pour définir clairement au niveau des résultats, de quel type de test il s'agit.

Le Contact Contrôlé permet de choisir l'élément différentiel qui est contrôlé et connecté au contact de déclenchement de l'instrument. On peut choisir une des commandes de déclenchement des seuls éléments différentiels ou la commande de déclenchement général (OR des éléments seuls).

1.6 Page des résultats



Comme pour les autres modules, dans cette fenêtre il est possible d'ouvrir le fichier des résultats sauvés précédemment, sauver les résultats ou effacer tous les tests du tableau des résultats. Cliquant sur la grille il est très possible de sélectionner un certain nombre de lignes et de les éliminer choisissant la rubrique de menu qui apparaît après le click.



Il est aussi possible d'indiquer quelles colonnes visualiser dans le tableau des résultats

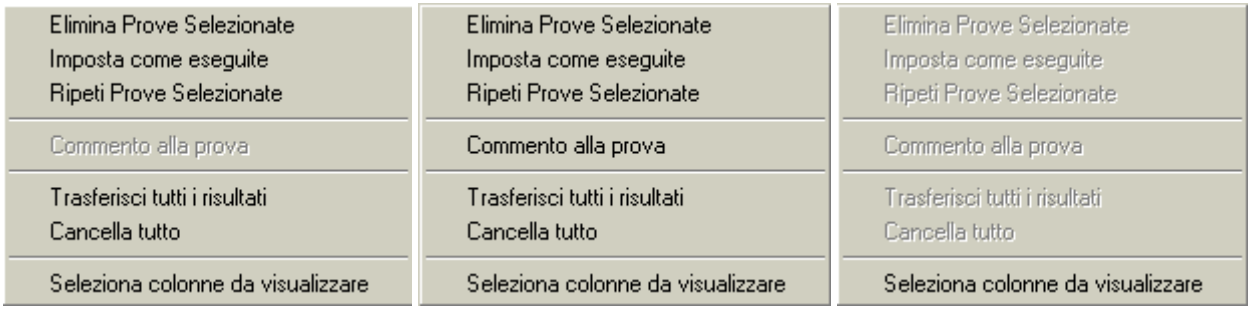
1.7 Actions

On peut exécuter des actions diverses quand on exécute le test d'un relais.
Par exemple il est possible de configurer les couleurs du graphique, du fond, de la caractéristique nominale, des points testés et des points encore non testés …
On peut répéter un test pour s'assurer du fonctionnement effectif du relais au cas où l'on a des doutes par exemple pourquoi le relais n'était pas alimenté. Ainsi on peut:

1.7.1 Changer les couleurs

Cliquant avec la touche droite du mousse sur le graphique, il apparaît la fenêtre au flanc et appuyant sur la touche correspondante à l'objet duquel on doit changer la couleur, il s'ouvre la fenêtre de sélection des palettes des couleurs:

1.7.2 Exécuter les fonctions du tableau



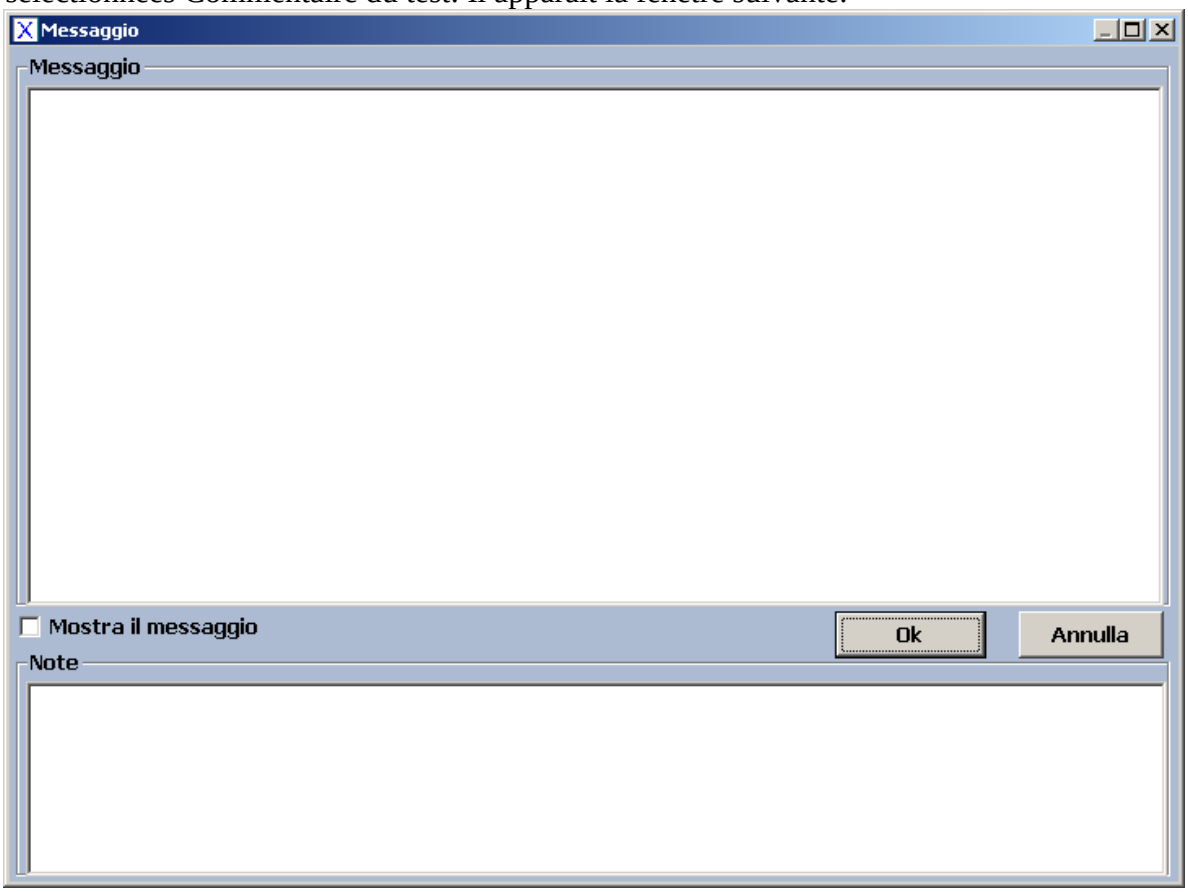
Cliquant sur la grille des tests, il apparaît un menu de sélection des fonctions qu'on peut opérer sur la grille. Les rubriques habilitées dépendent de l'état de la grille:

- Si la grille est vide, cliquant sur la ligne de titre de la grille, seulement la rubrique "Sélectionne les colonnes à visualiser " est habilitée

- Si plus d'une ligne est sélectionnée, la rubrique "Commentaire au test" n'est pas habilitée, autrement sont habilitées toutes les rubriques de menu.

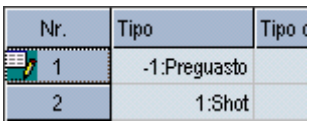
Sélectionnant une rubrique de menu on exécute une des fonctions suivantes:

- Elimine les tests sélectionnés: efface de la grille les lignes sélectionnées sans distinction entre les tests déjà exécutés et les tests à exécuter
- Etablit comme exécutée,: cette fonction met le symbole * au flanc du numéro d'identification des lignes sélectionnées. De cette manière il est possible de considérer un test qui n'a pas encore été exécuté comme si l'exécution s'était produite, donnant la possibilité de sauver les lignes dans une base de données de résultats.
- Répète des tests sélectionnés: exécute de nouveau les tests correspondant aux lignes sélectionnées Commentaire du test: Il apparaît la fenêtre suivante:



Dans le compartiment Message, il est possible de définir un commentaire au test qui doit être visualisé avant l'exécution du test. L'option "Montre ce message" permet à l'utilisateur de décider s'il faut montrer le message quand le test ira en exécution. Le compartiment "Note" permet d'introduire des commentaires additionnels. "Message" et "Notes" sont sauvés dans la base de données avec les valeurs du test et peuvent contenir test et images. Il est par exemple possible de copier un fichier de Word avec la relative structure, tableaux et ainsi de suite. Au moment de l'impression des résultats utilisant la procédure d'impression normale, seront imprimées aussi des notes et messages qui ont été indiqués dans les tests qui sont en train d'être imprimés.

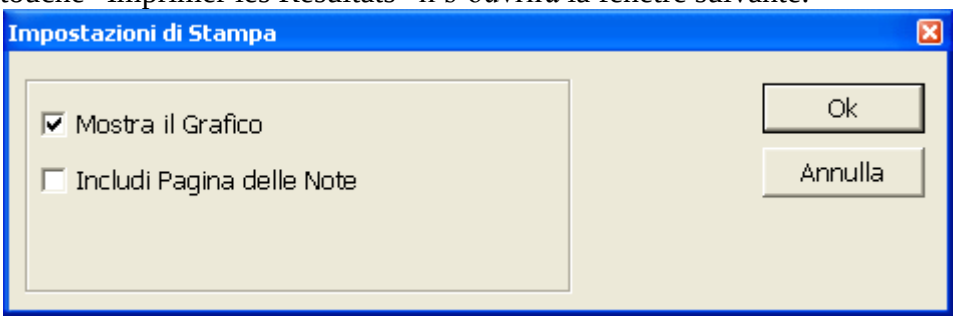
Appuyant la touche OK, si l'option "Montre le message" est cochée, une icône apparaîtra dans la première colonne du tableau des tests au flanc du numéro du test. Cela signifie que le commentaire est actif et qu'il sera visualisé à l'exécution du test.



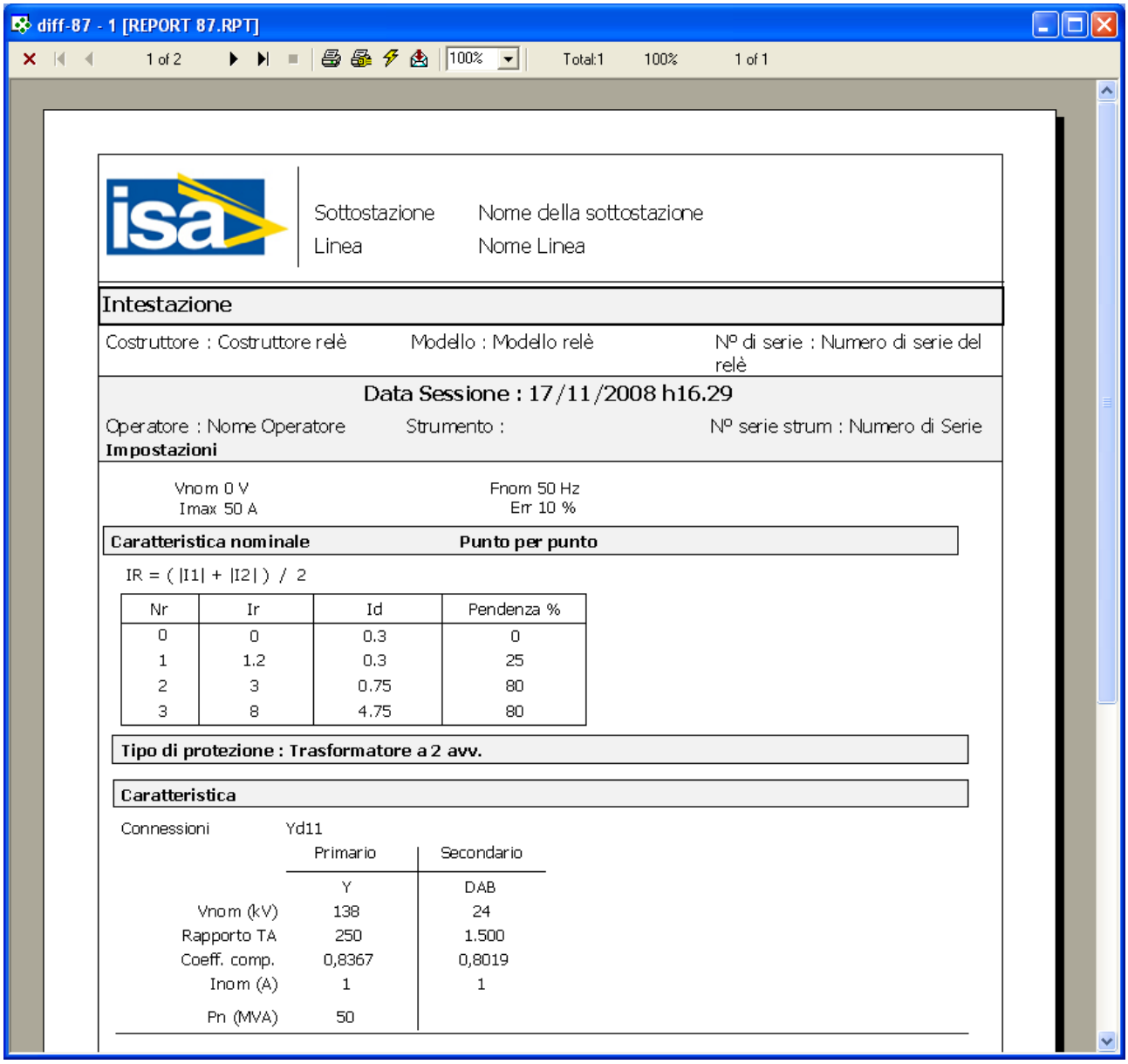
- Transférez tous les résultats: transférez tous les tests qui ont déjà été exécutés (avec le symbole *) du tableau des tests dans le tableau des résultats
- Effacez tout: élimine toutes les lignes du tableau des tests
- Sélectionnez les colonnes à visualiser: ouvre une fenêtre qui montre les colonnes de la grille et qui permet de sélectionner celles qu'on veut visualiser.

2 Impression des résultats

Appuyant la touche “Imprimer les Résultats” il s’ouvrira la fenêtre suivante:



Laissant cochée la rubrique “Montrer le Graphique” la représentation graphique des résultats sera incluse dans le module d’impression; pointant la rubrique “Insérer Pages des Notes” seront insérées dans le module d’impression aussi les éventuelles notes insérées au moyen de la rubrique spéciale de menu).
Appuyant Ok il s’ouvrira la fenêtre suivante:

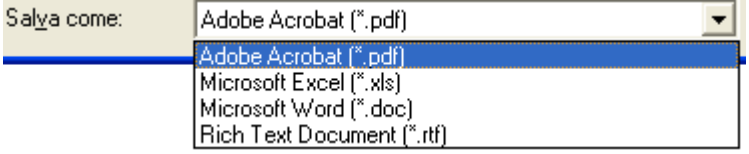


La barre des touches de cette fenêtre est la suivante:

Les premiers quatre boutons permettent une navigation parmi les pages d'impression (première page, page précédente, page successive, dernière page).

Le bouton permet d'imprimer le rapport, après avoir sélectionné l'imprimante à laquelle envoyer l'impression.

Le bouton permet d'envoyer le report d'impression dans les formats Adobe Acrobat (*.pdf), Microsoft ® Excel (*.xls), Microsoft ® Word (*.doc) ou Rich Text Documento (*.rtf), sélectionnant l'extension dans le menu déroulant, comme il est montré dans la figure suivante:

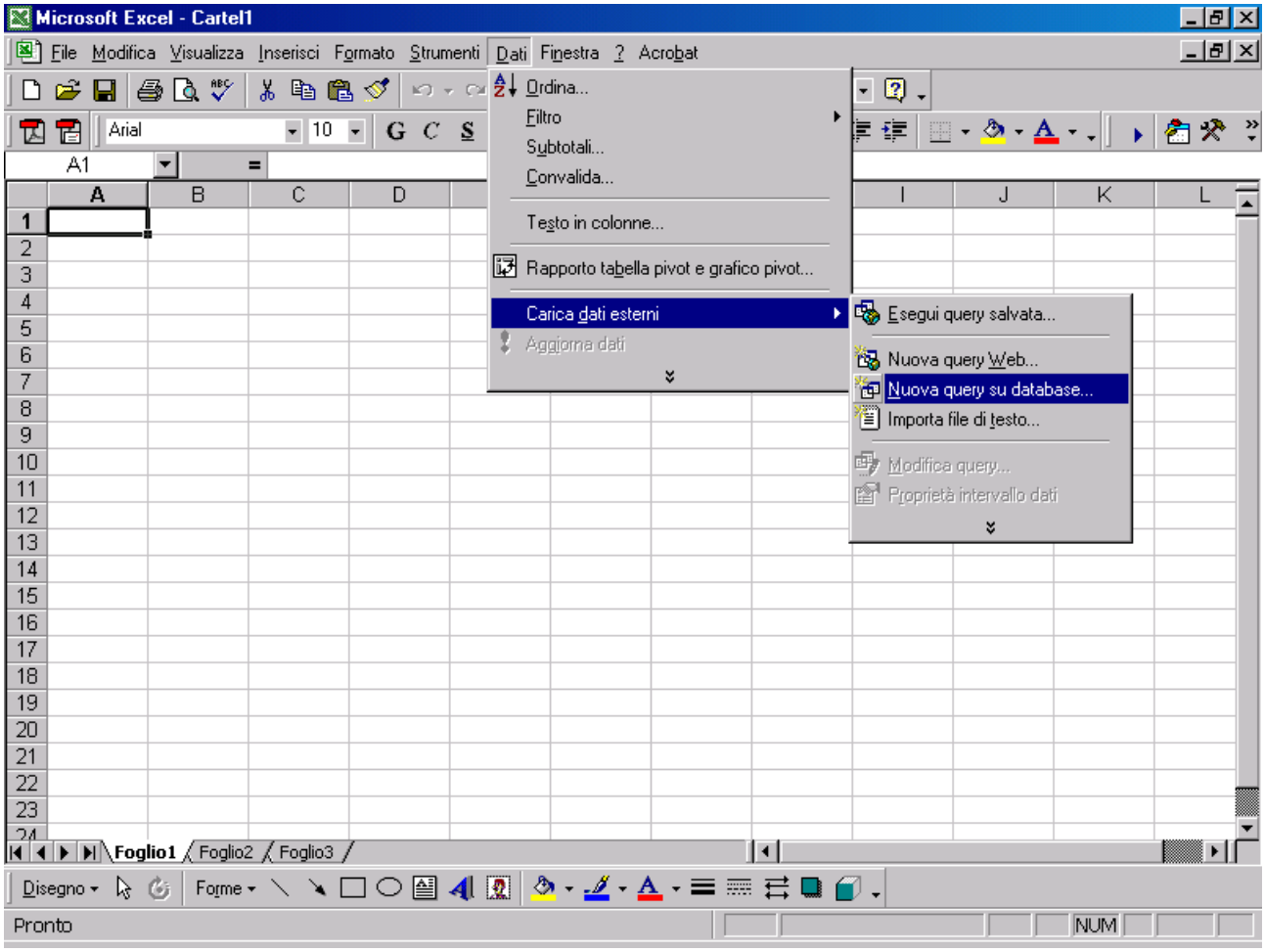


Enfin le bouton permet d’ajuster la taille du zoom d’impression.

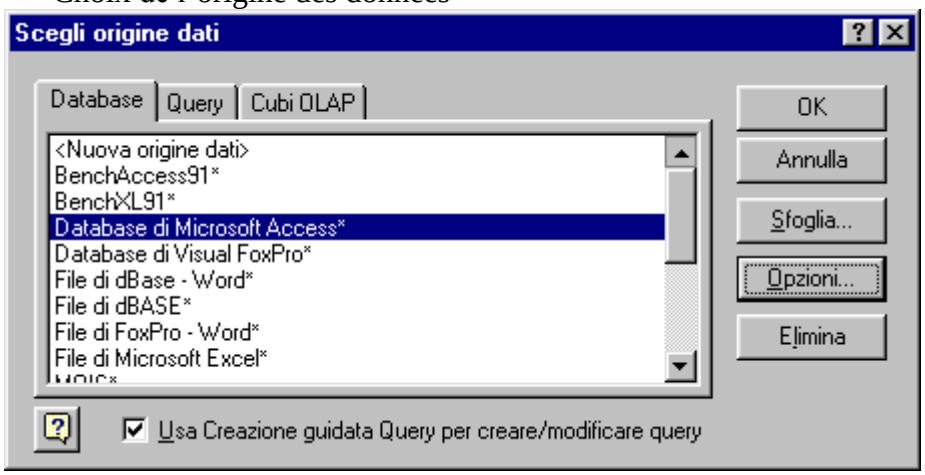
3 Transfère des résultats à Excel

Comme on a mentionné dans le chapitre 2, un fichier de résultats est sauvé en format .mdb accessible par Microsoft Access™. Il est pourtant possible d'introduire un ou plusieurs tableaux de résultats en Microsoft Excel™ . Par la suite sont reportés les pas à effectuer en Excel pour effectuer l'introduction. Il est important de rappeler qu'il est nécessaire que dans l'installation de Excel soit incluse la fonction Microsoft Query.

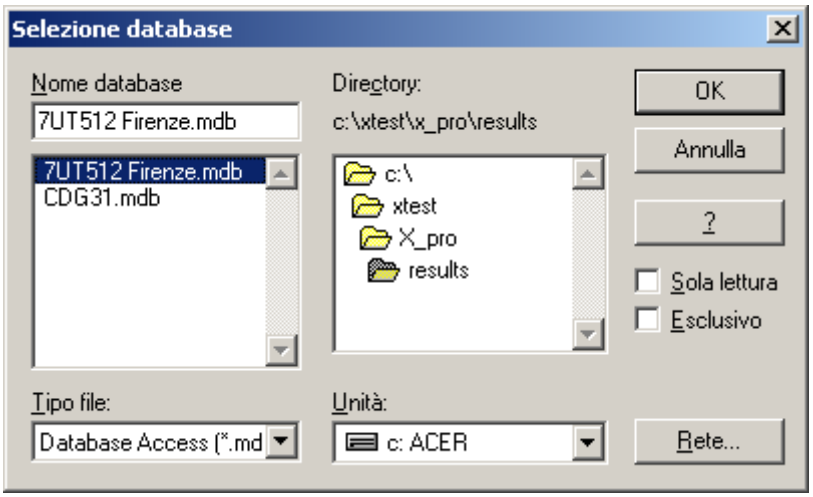
- Définir une nouvelle query sur la base de données:



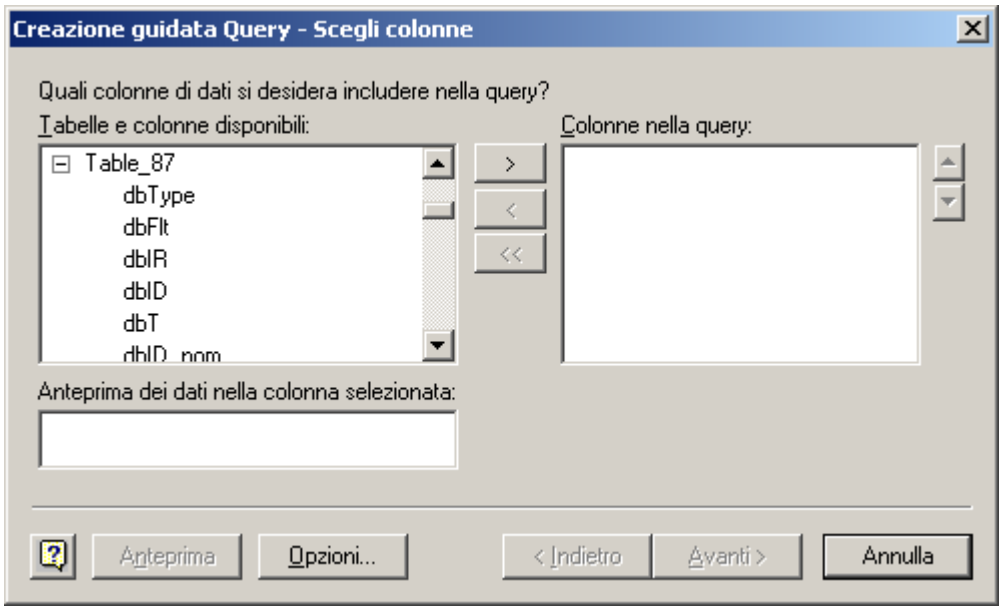
- Choix de l'origine des données



- Sélection du fichier des résultats:



- Sélection des colonnes:



- Et après avoir inclus toutes les colonnes sans appliquer aucun filtre, il apparaîtra le tableau suivant:

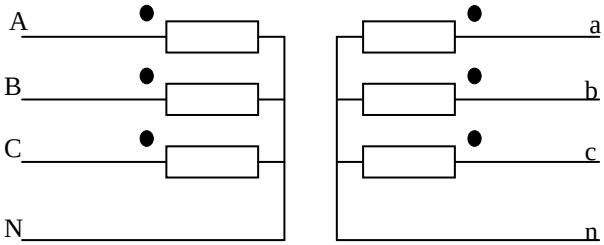
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	dbNumber	dbtype	dbfault	V1	phV1	I1	phI1	V2	phV2	I2	phI2	V3	phV3	I3	phI3	V4	phV4	I4	ph
2	1*	1:Shot	0	30	30	6	0	30	270	6	240	30	150	6	120	0	0	0	0
3	10*	5:Sequence	0:Delay	41.1802	28	3	12	45.1802	268	3	247	43.1802	148	3	127	0	0	0	0
4	11*	5:Sequence	1:Ramp	12	0	4	0	12	240	4	240	12	120	4	120	0	0	0	0
5	12*	5:Sequence	0:Delay	27	0	7	11	27	240	7	251	27	120	7	131	0	0	0	0
6	2*	1:Shot	0	32	30	7	0	32	270	7	240	32	150	7	120	0	0	0	0
7	3*	1:Shot	0	37	30	8	0	37	270	8	240	37	150	8	120	0	0	0	0
8	4*	1:Shot	0	38	30	8.1	0	39	270	8.2	240	38.5	150	8.3	120	0	0	0	0
9	5*	1:Shot	0	39	30	8.2	0	41	270	8.4	240	40	150	8.6	120	0	0	0	0
10	6*	1:Shot	0	40	30	8.3	0	43	270	8.6	240	41.5	150	8.9	120	0	0	0	0
11	7*	1:Shot	0	41	30	8.4	0	45	270	8.8	240	43	150	9.2	120	0	0	0	0
12	8*	3:Delta thr	0	44	25	10	-5	48	265	10	235	46	145	10	115	0	0	0	0
13	9*	4:Ramp	0	33	32	5	6	37	272	5	241	35	152	5	121	0	0	0	0

4 NOTES sur les relais de tension moyenne

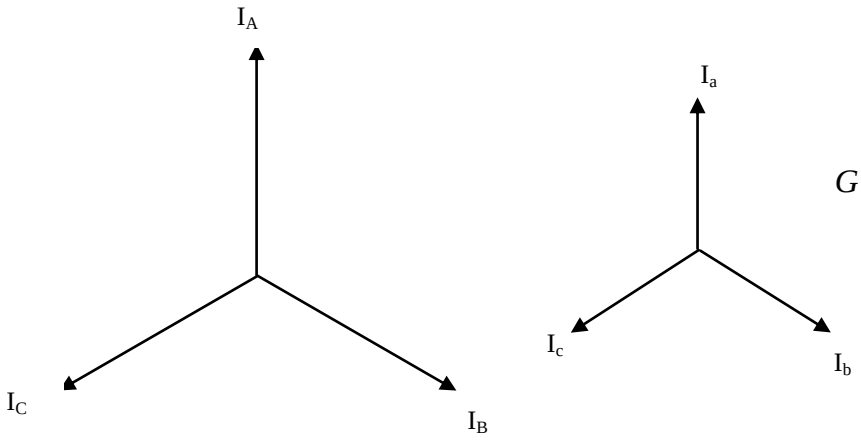
Ces notes expliquent brièvement les fonctionnalités de base de deux relais de tension moyenne

4.1 Différentiel Ansi 87: Connexions du transformateur de puissance

4.1.1 Transformateur de puissance: connexion YY0

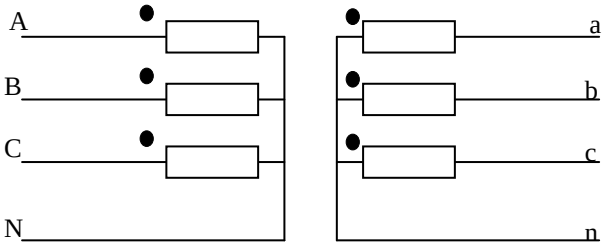


$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}$$

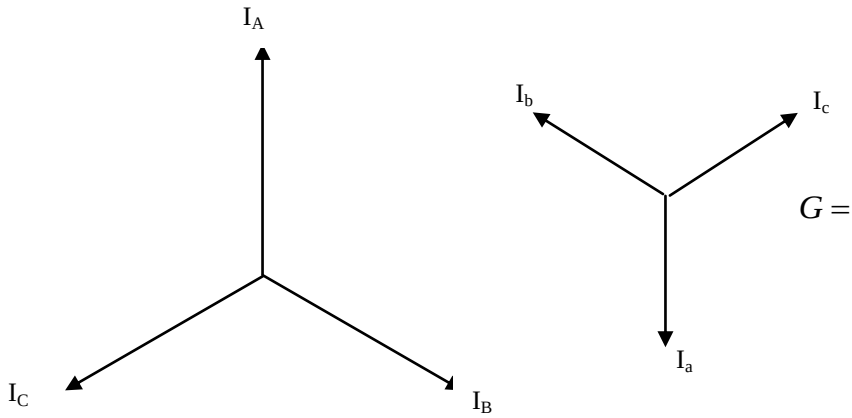


$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{0}{30} = 0$$

4.1.2 Transformateur de puissance: connexion *Yy6*

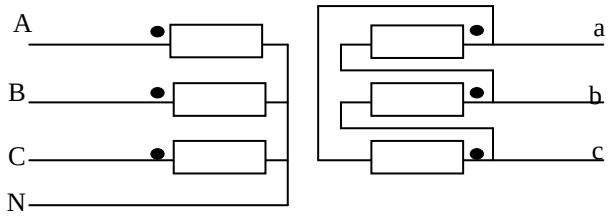


$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}$$

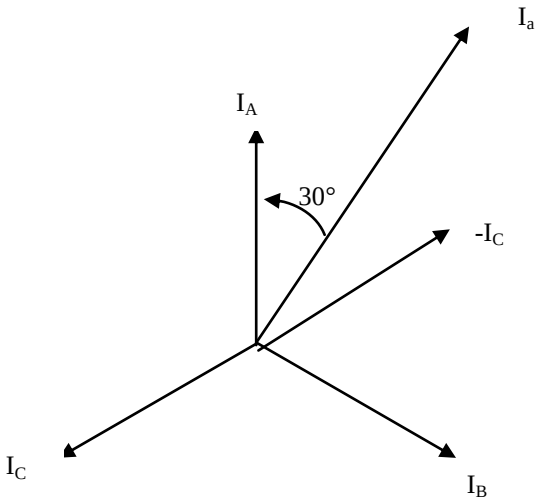


$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{180}{30} = 6$$

4.1.3 Transformateur de puissance: connexion *Y∆1*

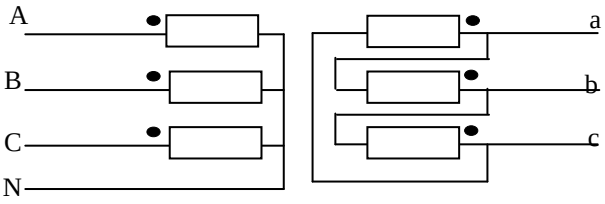


$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix}$$

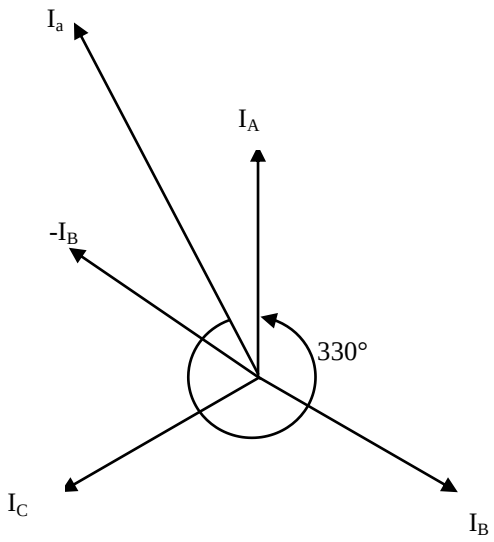


$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{30}{30} = 1$$

4.1.4 Transformateur de puissance: connexion *Y∆11*

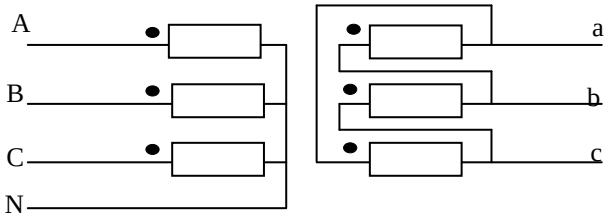


$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix}$$

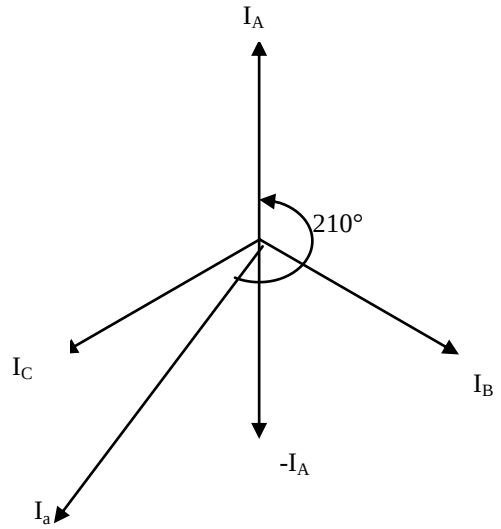


$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{330}{30} = 11$$

4.1.5 Transformateur de puissance: connexion *Y⊿7*

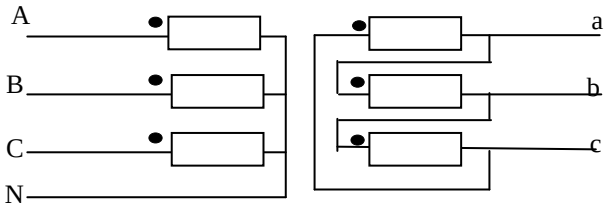


$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix}$$

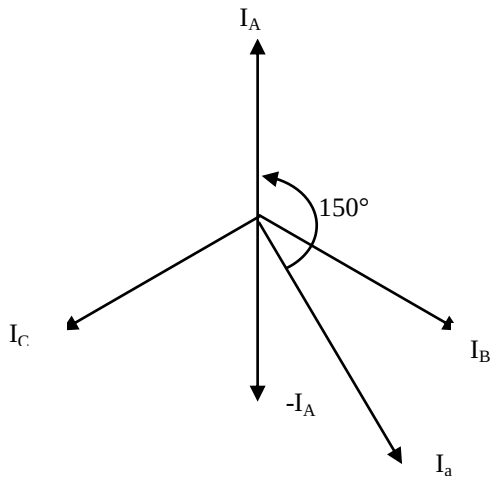


$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{210}{30} = 7$$

4.1.6 Transformateur de puissance: connexion *Y⊿5*

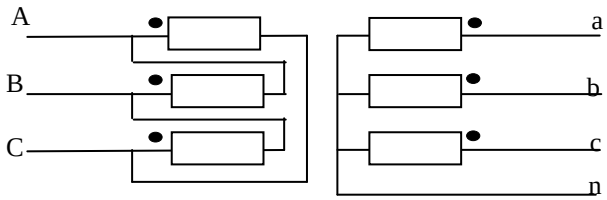


$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix}$$

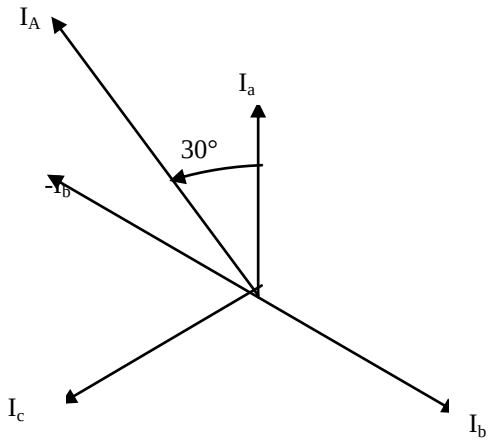


$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{150}{30} = 5$$

4.1.7 Transformateur de puissance: connexion *Δy 1*

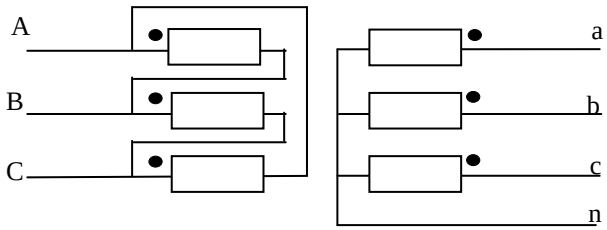


$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}$$

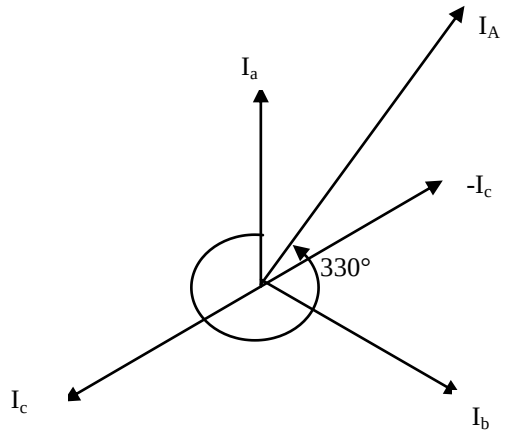


$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{30}{30} = 1$$

4.1.8 Transformateur de puissance: connexion *Δy 11*

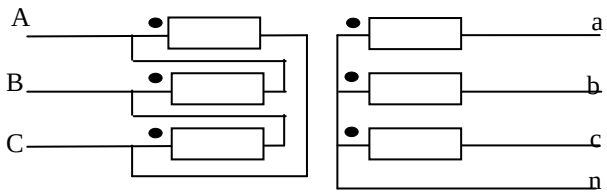


$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}$$

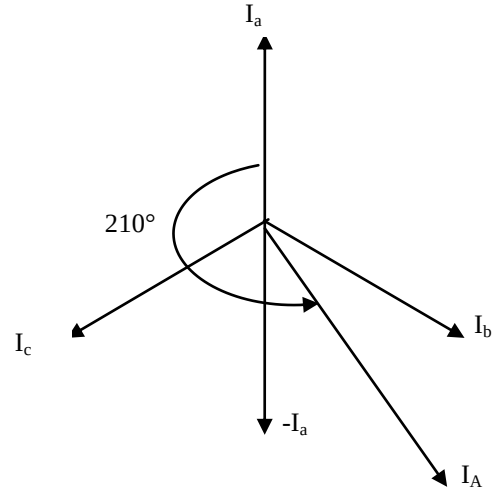


$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{330}{30} = 11$$

4.1.9 Transformateur de puissance: connexion $\Delta y 7$

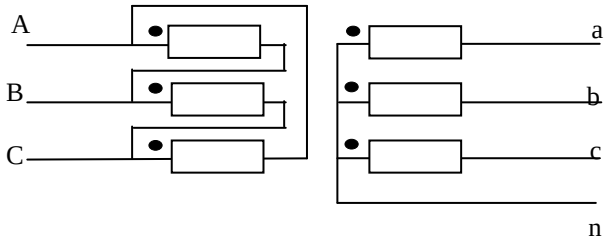


$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}$$

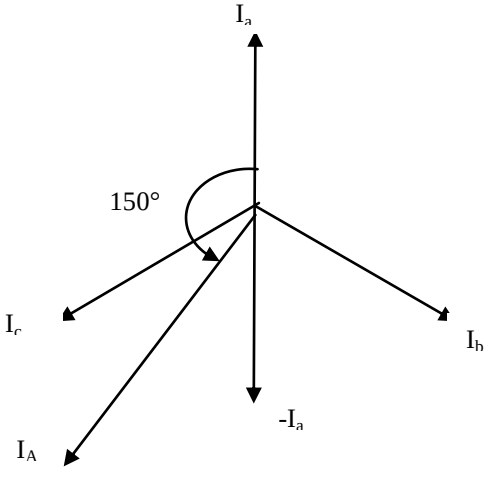


$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{210}{30} = 7$$

4.1.10 Transformateur de puissance: connexion $\Delta y 5$

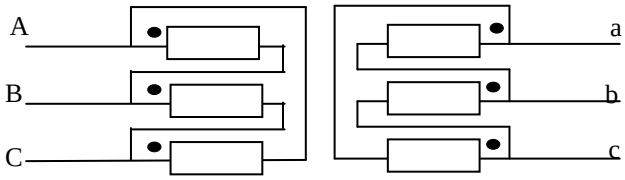


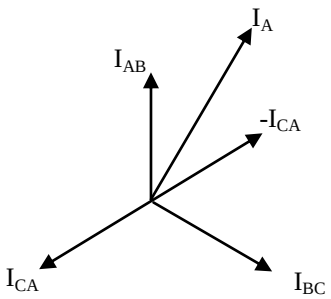
$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}$$

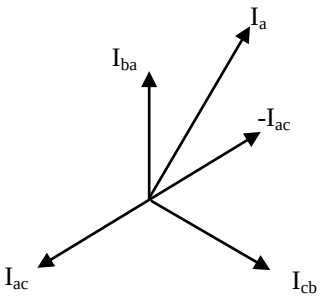


$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{150}{30} = 5$$

4.1.11 Transformateur de puissance: connexion *Δd 0*





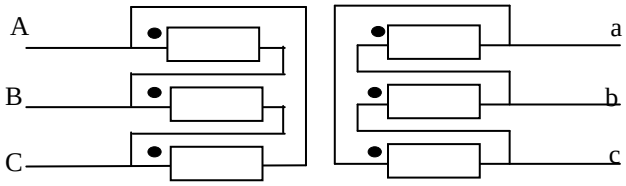


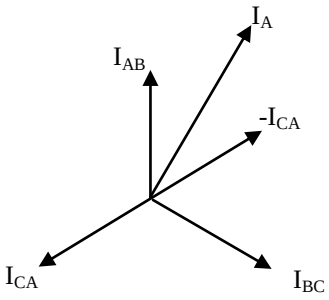
$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_{AB} \\ I_{BC} \\ I_{CA} \end{bmatrix}$$

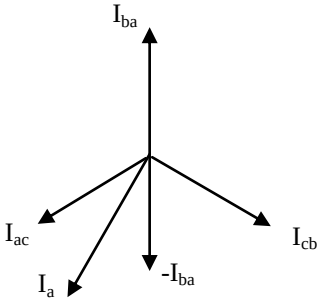
$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_{ba} \\ I_{cb} \\ I_{ac} \end{bmatrix}$$

$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{0}{30} = 0$$

4.1.12 Transformateur de puissance: connexion *Δd 6*





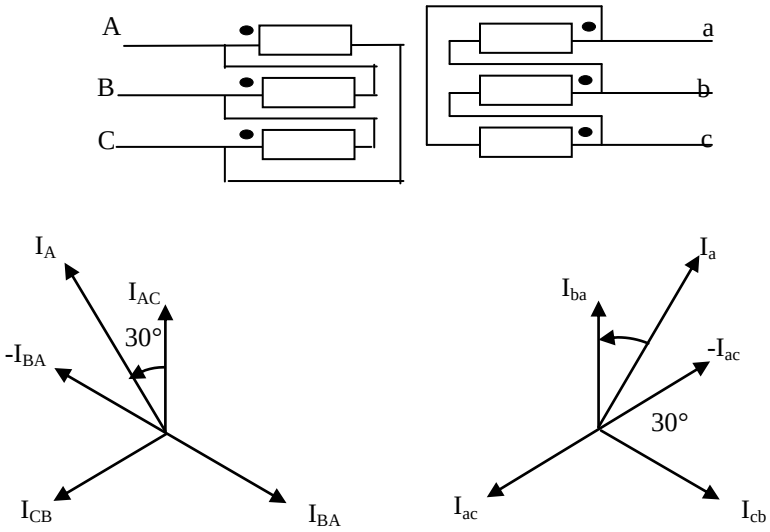


$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_{AB} \\ I_{BC} \\ I_{CA} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_{ba} \\ I_{cb} \\ I_{ac} \end{bmatrix}$$

$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{180}{30} = 6$$

4.1.13 Transformateur de puissance: connexion *Δd2*

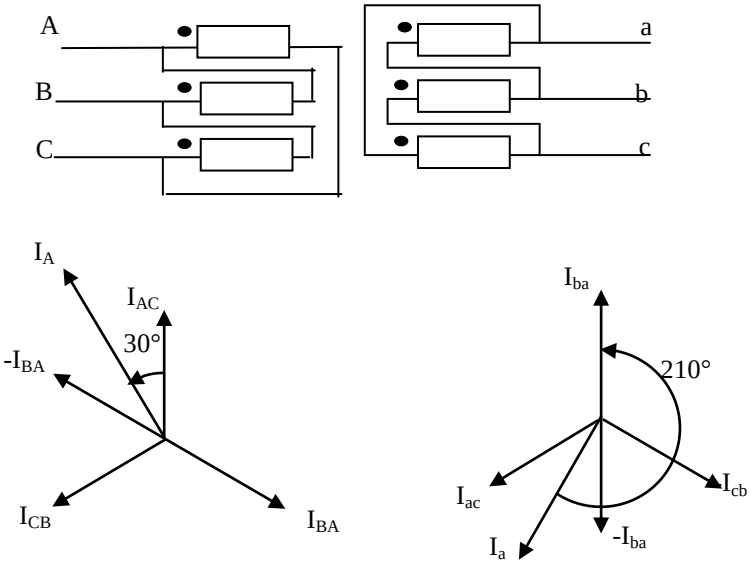


$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_{AC} \\ I_{BA} \\ I_{CB} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_{ba} \\ I_{cb} \\ I_{ac} \end{bmatrix}$$

$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{60}{30} = 2$$

4.1.14 Transformateur de puissance: connexion *Δd8*

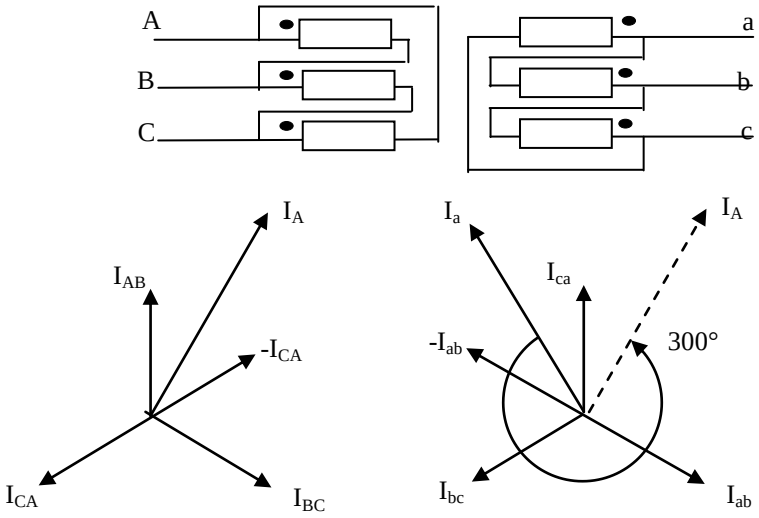


$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_{AC} \\ I_{BA} \\ I_{CB} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_{ba} \\ I_{cb} \\ I_{ac} \end{bmatrix}$$

$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{240}{30} = 8$$

4.1.15 Transformateur de puissance: connexion *Δ/Δ 10*

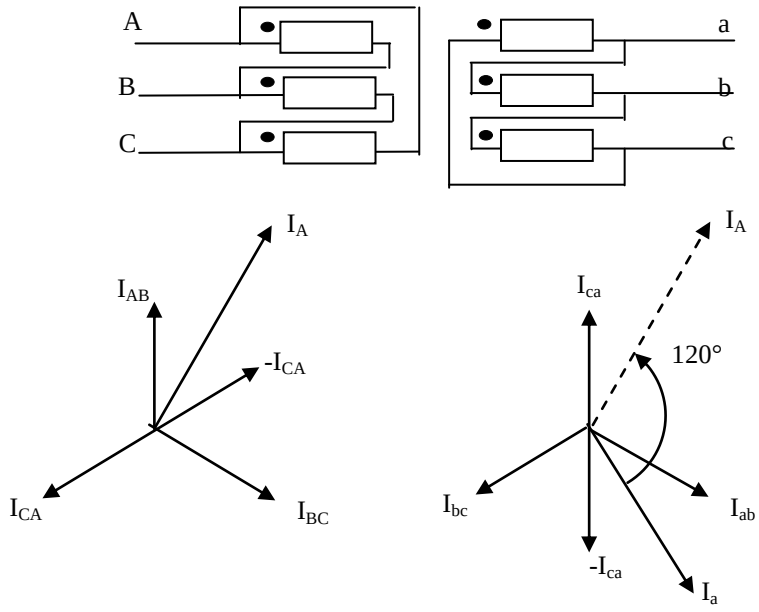


$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_{AB} \\ I_{BC} \\ I_{CA} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_{ca} \\ I_{ab} \\ I_{bc} \end{bmatrix}$$

$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{300}{30} = 10$$

4.1.16 Transformateur de puissance: connexion *Δ/Δ 4*



$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_{AB} \\ I_{BC} \\ I_{CA} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_{ca} \\ I_{ab} \\ I_{bc} \end{bmatrix}$$

$$G = \frac{\varphi_{I_A} - \varphi_{I_a}}{30} = \frac{120}{30} = 4$$